

ZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzické geografie a geoekologie



VLIV DISTURBANCÍ A MANAGEMENTU LESA NA ODTOKOVÝ PROCES

IMPACT OF FOREST DISTURBANCE AND MANAGEMENT ON SURFACE RUNOFF

Bakalářská práce

Zuzana Třihlová

srpen 2012

Vedoucí bakalářské práce: Doc. RNDr. J. Langhammer, Ph.D.



Prohlá-uji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem všechny použité prameny řádně citovala.

Jsem si vědoma toho, že případné použití výsledků, získaných v této práci, mimo Univerzitu Karlovu v Praze je možné pouze po písemném souhlasu této univerzity.

Svoluji k zaplacení této práce pro studijní účely a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena v evidenci vypůjčovatelnosti.

Ve Svěradicích dne

í í í í í í í í í
Zuzana Mrhová



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé práce doc. RNDr. J. Langhammerovi, Ph.D. za vnovaný čas, jeho rady a připomínky, RNDr. M. Jeníčkovi Ph.D. a Mgr. Kristýně Bartákové za poskytnutá data a mé rodině a přátelům za podporu během celého studia.

Abstrakt

Hlavním cílem práce je zhodnocení souasných domácích i zahraničních literatury, zabývajících se vlivem lesních disturbance a managementu lesa na odtokový proces. V reálnosti jsou popsány jednotlivé disturbance a metodika, která je pro hodnocení jejich vlivu na odtok používána. Práce je aplikována na modelová území v centrální části Třemavy, kde je zmapován a popsán zdravotní stav lesa pro jednotlivá povodí. Náplní práce je zhodnocení chování modelových povodí během vybraných srážkových situací a prokázání vlivu zdravotního stavu lesa na charakter průtoku.

Klíčová slova: les, disturbance, management, land use, odtok, GIS

Impact of forest disturbance and management on surface runoff

Abstract

The main aim of this work is to evaluate the current national and foreign literature regarding the impact of the forest disturbance and the forest management on runoff process. The disturbance and methodology, which is used for evaluation of their impact on runoff, is described in the research part of this work. The work is applied to model locations in the central part of Třemava Mountains, where is mapped and described the health status of the forest for the individual river basins. The scope of this work is to evaluate the behaviour of selected model basins during precipitation situations and demonstrate the influence of the forest health status on character of the flow.

Key words: forest, disturbance, management, land use, runoff, GIS

Obsah

Úvod.....	1
1 Materiály a metody	2
1.1 Hydrologická funkce lesa v krajině	2
1.1.1 Funkce lesa v krajině	2
1.1.2 Hydrologická funkce lesa.....	3
1.2 Dynamika lesních ekosystémů	5
1.3 Disturbance lesa a jejich ovlivňující faktory	6
1.3.1 Klimatické faktory	7
1.3.2 Znečištění ovzduší.....	8
1.3.3 Působení kůrovce.....	9
1.3.4 Dřevokazné houby	11
1.4 Management lesa	11
1.4.1 Obnova ekosystémů.....	12
1.4.2 Těžba dřeva	13
1.4.3 Drenážní systémy.....	14
2 Srážko-odtokový proces	15
2.1 Bilanční rovnice	15
2.2 Faktory ovlivňující odtokový proces	16
2.2.1 Srážky	16
2.2.2 Infiltrace vody.....	16
2.2.3 Podpovrchový odtok	17
2.2.4 Povrchový odtok	17
2.2.5 Antropogenní ovlivnění odtokového procesu	18
3 Výzkum změn odtokového procesu	19
3.1 Reprezentativní a experimentální povodí.....	19
3.2 Metody výzkumu	19
3.2.1 Porovnávací studie.....	19
3.2.2 Studie ve stejném povodí	20
3.2.3 Studie v párových povodích	20



.....	odtokový proces v ČR	21
.....	23
4.1	Geologie, geomorfologie a pedologie	24
4.2	Klimatické podmínky	25
4.3	Hydrologické poměry.....	26
4.4	Vegetační poměry.....	28
4.5	Historický vývoj kalamit	29
5	Modelová povodí	31
5.1	Antýgl.....	31
5.2	Březnický potok	32
5.3	Cikánský potok	34
5.4	Černohorský potok	35
5.5	Javoří potok.....	36
5.6	Ptačí potok	37
5.7	Roklanský potok	38
5.8	Tmavý potok.....	39
6	Data a metodika	41
6.1	Srážková data	41
6.2	Vodní stavy	42
6.3	Charakteristiky povodí	42
6.4	Zpracování dat.....	42
7	Výsledky.....	47
7.1	Srážková událost ve dnech 2. – 3. 6. 2010	47
7.2	Srážková událost 5. 9. 2011.....	49
7.3	Období sucha 21. 9. – 6. 10. 2011	51
7.4	Shrnutí výsledků	54
8	Diskuze.....	58
9	Závěr.....	61
	Seznam obrázků.....	62
	Použitá literatura	64

Lesní ekosystémy jsou a byly v naší krajině jedním ze základních prvků. Jejich podvodní zastoupení v krajině bylo sice postupem času vystředáno stále se rozrůstajícími zemědělsky kultivovanými plochami a z lesa zbyly pouze krajinné enklávy, ale i přesto je les stále v těch oblastech převládající krajinou. Jedná se hlavně o výše položené horské oblasti, jako národní parky a jiné typy chráněných území, kde kvůli zde panujícím přírodním podmínkám není v této zemědělská kultivace krajiny výhodná. Les se zde pak projevuje nejen jako místo pro turistiku, ale vystupuje zde spíše jako útočiště pro lesní druhy a zastává krajinnou funkci. Ve všech oblastech jsou lesní ekosystémy vystavovány různým biotickým i abiotickým disturbancem, které narušují jejich stabilitu.

Hlavním cílem práce je zhodnocení vlivu lesních disturbance a managementu lesa na odtokový proces vody. Tímto tématem se zabývají domácí i zahraniční autoři. Jejich výsledky však nejsou vždy zcela jednoznačné a v mnohých případech se liší. Lesní disturbance menších rozměrů mohou podporovat rozvoj lesních ekosystémů, ale ve většině případů je vliv disturbance na les hodnocen jako negativní. Následný vývoj poškozeného lesa je závislý na postupu lesního managementu. Hlavní aplikační částí práce je sledování vlivu lesních disturbance na odtok vody v oblasti centrální Třemavy na povodích Běznického, Javošského a Ptašského potoka. Jednotlivá povodí jsou charakteristická různým zdravotním stavem lesa, ale ve všech případech se jedná o oblast, kde je les ponechán samovolnému vývoji. Hlavními disturbancemi v této oblasti jsou především následované kalami lýkořezů a smrkového.

Pro všechna povodí jsou vybrány tři srážkové události, během nichž jsou pozorovány jejich reakce na srážky i na sucho. Průtokové křivky za jednotlivé srážkové události jsou pro všechna povodí zaneseny do grafu a následně je porovnávání průtoků mezi jednotlivými povodími.

1.1 Hydrologická funkce lesa v krajině

1.1.1 Funkce lesa v krajině

eské lesy v současné podobě jsou silně podmíněny dlouhodobou činností člověka, jehož vliv na krajinu je datován již od neolitu, tedy před 6000 až 7000 lety. V té době však ještě nezasahoval do druhového složení lesa, ale pouze lokálně ovlivňoval jeho rozlohu. Ještě za útlumem neolitu pokrývali lesy téměř 90 % území státu. V té době se jednalo ještě o krajinu ryze přírodní. S nástupem zemědělství však došlo k rozsáhlému přeměňování lesů na zemědělské plochy. K odstraňování lesa se využívalo zejména klučení (odstraňování stromů s pařezy) a fláčení (vypalování lesů). Již v této době začala být přírodní krajina přeměňována na krajinu kulturní. K odstraňování lesů kvůli zemědělství přibyla hlavně v době bronzové a železné ještě jejich funkce zdroje dřeva, což znamenalo další úbytek lesů. V současné době pokrývají lesy přibližně třetinu území České republiky (Lipský, 1998).

Společně s měnící se rozlohou a zastoupením lesa v krajině se během minulosti výrazně změnilo i jeho druhové složení. Postupem času byly přírodní listnaté a smíšené lesy s převažujícími doubravami a bučinami nahrazeny monokulturami smrků, místy borovic. Hlavní období výsadby těchto monokultur bylo zaznamenáno na přelomu 19. a 20. století. Tyto monokultury jsou sice výhodné pro těžbu dřeva, hlavně smrčiny díky svému rychlému růstu, zdaleka u nich však nelze očekávat takovou stabilitu ekosystému jako u přírodních lesů v jejich klimaxovém stádiu. Často navíc tyto monokultury do klimaxového stádia ani nedorostou, jelikož jsou káceny již před ním. I v klimaxovém stádiu jsou však náchylné k různým lesním narušením. Do první poloviny 20. století byly tyto monokultury narušovány převážně biotickými faktory, postupem času ale začaly v jejich narušování hrát hlavní roli faktory abiotické (Němec a Hřib, 2009).

Lesní disturbance a přístup k nim jsou v současné době stále větším problémem lesního hospodářství a ochrany krajiny, který je zřetelně patrný právě v zájmovém území práce, v oblasti Národního parku Třemšín. Jedná se zde především o kombinaci poškození dřeva faktory živými a následným napadením kroužkem. Kroužek často napadá poškozené a mrtvé tlející dřevotrubice a může se z něj šířit dále. Diskutovaným problémem zde tedy je, jak s již poškozeným i mrtvým lesem nadále

teré se p íklán jí ke kompletní likvidaci napadeného a
 ch tlejících strom , jiné navrhují ponechat mrtvý les
 p írod a vy kat afl se sám obnoví.

Lesy jsou významnou sou ástí životního prost edí, ale také zdrojem d eva. Na rozdíl od ostatních d ležitých surovin, jako nap íklad uhlí i –t rkopísk , je d evo zdroj obnovitelný a jeho zásoby jsou pouřívány i pro vývoz do zahrani í. Jeho t flba (obr. 1) m fle mít v n kterých p ípadech na les velmi negativní vliv. Vede nap íklad k p stování jifl zmi ovaných monokultur smrk , které rychleji rostou a následná zm na skladby lesa a odlesn ní m fle mít vliv nejen na zde flující zví ectvo, které m fle vymýcením n kterých druh d evin ztratit sv j zdroj obřlivy, ale m fle naru-ovat i hydrologickou funkci lesa.



Obr. 1 ó T flba d eva v NP Tmava; zdroj: profimedia.cz

1.1.2 Hydrologická funkce lesa

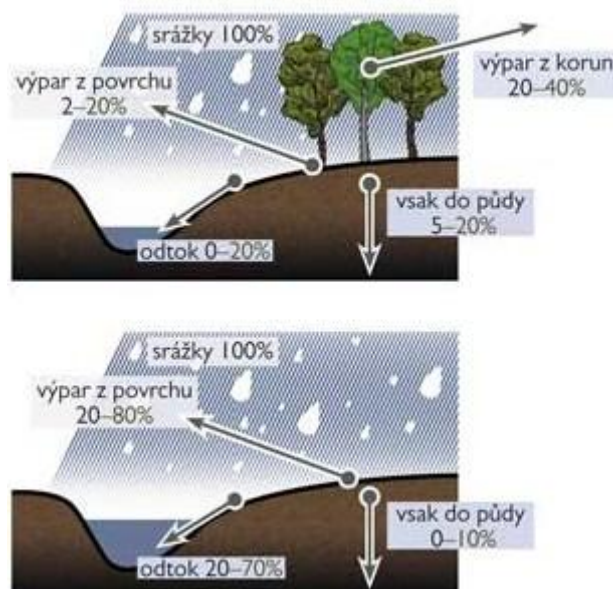
Hydrologická funkce lesa p edstavuje samovolné ovlivn ní odtoku v krajin . Velké lesní komplexy mohou nap íklad díky vy—í vlhkosti vrstvy vzduchu nad nimi zvy-ovat úhrn sráfek o 5 ó 6 % oproti bezlesí. Horské lesy zase zvy-ují celkový úhrn díky zachycování horizontálních sráfek (Tmihla, 2001). Tento proces, p i n mfl je ást sráfek zachycována rostlinami a zp tn vypa ována, takfle se nedostane k povrchu, nazýváme intercepce. U kařkého druhu vegetace lze ur it i jeho intercep ní kapacita, což je schopnost vegetace zachytit na svém povrchu sráfky. Intercepce m fle být ovlivn na mnoha faktory. Nap íklad pevné sn hové sráfky jsou ve vegetaci zachytávány ve

U dešťových srážek záleží na propadávání srážek. Při menší intenzitě se dešťová voda udrží na vegetaci snáze než při prudkých srážkách. Stejně tak se udrží spíše voda ze srážek s krátkým trváním, než v případě dlouhodobého vypadávání srážek, kdy je již takzvaná šintercepce nádrží vegetace plná a uhlí není schopna pojmout další vodu, takže za ne propadává k zemskému povrchu (Klimo, 1994). Intercepce je závislá také na struktuře a charakteru vegetace. V případě listnatých stromů lze vylenit dvě období. V zimě v období vegetačního klidu jsou stromy bez listů schopné zachytit daleko méně srážek než v ostatních částech roku. Mají tedy sníženou schopnost intercepce oproti ostatním měsícům. Naproti tomu u jehličnatých stromů se s tímto obdobím vegetačního klidu nesetkáme a mají tudíž vyrovnanou schopnost intercepce během celého roku. Díky vysoké interpci lesních porostů je odtok vody z nich podstatně pomalejší než u zemědělských ploch, u kterých je intercepce menší (obr. 2). S interpcí souvisí i sněhová pokrývka, která propadne až k zemi. Ta, která není zachycena, pak díky zastínění stromy odtává pomaleji než na jiných místech. I tady lze pozorovat rozdíly mezi jehličnatými a listnatými lesy. Zatímco v jehličnatém lese je sněhová pokrývka zastíněna korunami stromů, v listnatém lese, kde jsou stromy před začátkem vegetačního období ještě bez listů, je vystavena slunečnímu svitu a odtává rychleji. I tento faktor má vliv na zpomalení odtoku vody jehličnatými lesy (Unucka, 2008). Vliv na interpci má nejen druh porostu, ale i jeho stáří a zdravotní stav. Například u jehličnatých stromů poškozených kůrovcem nastávají celoročně podobné podmínky, jaké mají listnaté stromy v zimě.

Společně s vodou odpařovanou z vegetace se vypařuje do ovzduší i voda z půdy. Nejnižší hodnota výparu v České republice byla zaznamenána v Modravském polesí, pramenné oblasti řeky Vydry. Výpar zde dosahuje 216 mm za rok. Naopak nejvyšší hodnota byla zaznamenána na vrcholcích Hrubého Jeseníku, kde hodnota dosahovala 608 mm za rok (Tihla, 2001).

Les může ovlivňovat odtok také retencí (zadržováním) a retardací (zpomalováním) odtoku srážkových vod. Toto zpomalení je způsobeno především povrchového odtoku na odtok podzemní, který je podstatně pomalejší. Vsa je jedním z hlavních směrů odtoku v lese. Povrchová voda se do půdy vsakuje až do jejího nasycení, poté se však sice úplně nezastaví, ale výrazně se zpomalí. Infiltrační schopnost lesní půdy je vyšší než u ostatních druhů krajinného pokryvu, ale může být

hospoda ením. Infiltrace je také závislá na lesním
dy, jejím nasycení a proko en ní. Je tedy známo, fle
lesy, zejména ty jehli naté, zachycují více vody a mají vy—í schopnost intercepce. Jsou
také schopné do jisté míry redukovat povod ovou vodu a lze je tak brát jako jakési
e-ení povod ových problém (Robinson et al, 2003).



Obr. 2 ó Vodní balance lesa a holiny; zdroj: prazskestezky.cz

1.2 Dynamika lesních ekosystém

Les se stejn jako ostatní ekosystémy trvale vyvíjí. Iniciátorem tohoto vývoje je p izp sobování se flivých sloflek ekosystému m nícím se podmínkám. Zm ny podmínek mohou p edstavovat zm ny a výkyvy klimatu, zne ist ní ovzdu—í, ale i rozr stající se stromové patro zasti ující povrch a mnohé dal—í. Pokud vývoj lesa probíhá za stabilních podmínek, vede k takzvanému klimaxovému stádiu, kdy je biotická sloflka v rovnováze s abiotickou. V oblasti st ední Evropy je klimaxem lesní ekosystém (Mat jka, 2009).

Dynamiku lesních ekosystém lze dále rozd lit na velký a malý vývojový cyklus. Velký vývojový cyklus nastupuje po velkoplo—né disturbanci, jako nap íklad lesní poflár, polom nebo velkoplo—né namnožení k rovce, p i které je zni ena v t—ina stromového patra. Po disturbanci se na takovýchto plochách nejprve uchycují pionýrské sv tlomilné d eviny, jako nap íklad b íza, je áb i osika. Toto stádium lesa je nazýváno lesem p ípravným. Postupn se v lese za ínají objevovat i stínomilné klimaxové rostliny, které ve finále v lese naprosto p evládají. Tento klimaxový les, pokud do

tuje pouze do dal-ího naru-ení. Poté ufl by jeho dal-í o vývojového cyklu, p i n mfl nedochází ke zm n druhového slofení lesa, ale pouze k rozr zn ní stá í jednotlivých strom . Zatímco malý vývojový cyklus je koncipován pro lesy listnaté a smí-ené, kde se nepo ítá s velkoplo-nými disturbancemi, velký vývojový cyklus odpovídá les m boreálním. Oba cykly jsou ve skute nosti propojeny a oba fungují jak v boreálních tak v horských smr ínách (Joná-ová, 2008).

Na ur íté druhy ekosystém p sobí ur íté druhy disturbancí. Po opakovaném p sobení t chto disturbancí na ekosystém se jim ekosystém za ne p ízp sobovat a disturbance ke svému vývoji pot ebovat. Ty se tak mohou stát nedílnou sou ástí dynamiky celého ekosystému. Takovým p íkladem mohou být povodn v lufních lesích i vítr a k rovec v horských smr ínách. Vítr a k rovec sice mohou zp sobovat velkoplo-ná naru-ení, ale pokud p sobí v únosné mí e, p sobí pouze selektivn , a to jen na dosp lé stromy. Díky jejich odstran ní pak dostávají -anci k r stu semená ky, které flily celou dobu v jejich stínu. Opa ného ú inku je ov-em dosafleno, pokud se k p vodní p írodní disturbance p ípojí t flba po-kozeného d eva. Jelikofl tento zásah v t-ínou nep eflije ani v t-ína semená k , ovliv uje dynamiku lesa daleko více, nefl disturbance p írodní (Joná-ová, 2008).

1.3 Disturbance lesa a jejich ovliv ující faktory

Jako disturbance lze nazývat tém jakoukoliv p echodnou událost, která naru-uje ekosystém, zp sobuje zm nu jeho slofení nebo funkce. Disturbance jsou sou ástí sukcese, které mohou být v ur íté mí e prosp -né a napomáhat jí, ale po p ekro ení míry únosnosti ji mohou zpomalovat a -kodit. Proto jsou v t-ínou vnímány jako negativní jev (Joná-ová, 2008). I po p ekro ení této míry je ale daná disturbance spou-t em sekundární sukcese.

Disturbance lze rozdlít podle jejich p vodu na biotické, abiotické a lze vy lenit i samostatnou skupinu disturbancí antropogenních. Jakou silou disturbance na les p sobí záleflí na slofení, stá í a obzvlá-t na zdravotním stavu lesa. Odoln j-í v í disturbancím jsou lesy smí-ené oproti monokulturám, ale p edev-ím lesy nepo-kozené a zdravé. Disturbance lze také rozli-ovat podle m ítka, ve kterém p sobí. N které disturbance, zejména lesní pofláry a vich ice, naru-í zna nou ást lesa, zatímco jiné p sobí jen na ásti men-í (Niemelä, 1999). Zm ny flivotního prost edí b hem

ly rellim lesních disturbancí a mohou společně s jeho funkcí. Tam může být ovlivněna na různých úrovních, od funkce jednotlivých rostlin až po funkci lesa jako ekosystému (Seidl et al, 2008).

1.3.1 Klimatické faktory

Druhové složení a celkový charakter českých lesů byl výrazně poznamenán během posledních dvou století a obzvláště od 50. let jsou pod silným nátlakem biotických a abiotických faktorů, které jsou umocňovány působením člověka (Hladilín, 1996). I přesto, že v trné disturbance působí odjakživa, existují o nich záznamy jen za několik staletí, příměly nejstarší jen v podobě zápisků v kronikách.

Obzvláště od roku 2002 probíhají v čumavských lesích epizodické události, které významně ovlivňují jejich dynamiku. V druhé polovině léta 2002 byly zaznamenány vysoké srážkové úhrny, které zapíinily jak lokální záplavy na čumav, tak i záplavy na území celé české republiky. Následný rok 2003 měl zase nadměrně horké a suché léto, díky čemuž došlo ke gradaci krovce. Jako další extrémy pak následovaly v trné kalamity (obr. 3) v zimách roku 2007 a 2008. Ty vedly k dalšímu narušení mnoha porostů, z nichž se jejich spousta nacházelo v krovcové oblasti (Matějka, 2008).



Obr. 3 Polom na čumav po vichřici Kyrill; zdroj: idnes.cz

Prispôsobenie lesa k destabilizácii lesa bola acidifikácia. Stabilitu lesných ekosystémov však nenarušuje len acidifikácia, nýbrž všetky polutanty obsiahnuté v dešťovej vode. Okrem malých vesníc a znečistení ze zemďelstvá se v oblasti centrálnej Tasmánie nenachádzajú žiadne významné zdroje znečistenia, ako napríklad továrne, veľkomestá a frekventované silnice vyšších tried. Preto je táto oblasť príkladom relatívne neznečisteného zemďeliského regiónu jiflných lech. Znečistenie vzduchu je zde ďaleko menšie v porovnaní s jinými regióny, napríklad s oblasťami českého stredohoú a Krušných hor. Bhem posledných let dochádza ke snižovaniu obsahu polutantov v ovzduší (Fisak et al, 2002).

Íp esto, že je Tasmávia kvalitou vzduchu jednou z najlepších oblastí u nás, byl zde zaznamenaný zvýšený výskyt chloru, NO_3 , SO_4 a NH_4 , ktoré sem jsou prinášené pomocí severných a severovýchodných vetrov z prmyslových oblastí. Vysoké koncentrace týchto polutantov byly zaznamenané obzvlášť bhem chladných vetrov. Hodnoty koncentrací klesajú s rostoucí nadmořskou výškou (Fisak et al, 2002).

Ďalším ďležitým emisním faktorem vedle kyselých depozic je prsobení ozonu. Ten není oproti ostatním škodlivinám produkovaný přímo ľovkem, takže jej nelze nijak jednoduše redukovat. Jde o problémy nejen s úbytkem ozonu obsiahnutého v ozonosfére (stratosférický ozon), ale hlavně o problémy s nadbytkem ozonu v prízemní vrstve atmosféry (troposférický ozon) (Novotný et al, 2009). Ozon dosahuje maximálních koncentrací v období od dubna do září a je tedy klasickou letní škodlivinou. V oblastech vzdálených od zdrojů emisí se tato maxima vyskytují na jaře, zatímco v prmyslových oblastech jsou zaznamenávána bhem léta (Monks, 2000). Naopak minimum koncentrace ozonu je vykazováno bhem zimy. Obecně lze říci, že ozon prsobí spíše na dřeviny listnaté než jehľiřnaté, které bývají poškozovány jen v letech s obzvlášť vysokou koncentrací. U jehľiřnan se prsobení ozonu projevuje bezbarvými i flutavými bodovými chlorózami nepravidelných tvarů (obr. 4) (Novotný a kol., 2009).



Obr. 4 ó Jehli í po-kozené ozonem; zdroj: Novotný a kol. (2009)

Dalším významným problémem v n kolika posledních desetiletích je nadm rný p íjem dusíku ekosystémy. A koliv je dusík velmi d leflitou flivinou pro v t-inu organism , s rozvojem pr myslu a zem d lských hnojiv se stal flivinou nadbyte nou, pro n které organismy afl -kodlivou. Jelikofl jsou smrkové porosty svým velkým povrchem jehlic schopné získat z atmosféry velké množství dusíku a síry, je u nich okyselování vy-í nefl u porost listnatých. Lesní ekosystémy nejsou schopny nadbyte ný dusík spot ebovávat ani vázat, a tak je dále vyplavován do vodních tok v podob dob e rozpustných dusí nan . Na vodních tocích pak lze sledovat maxima vyplavených dusí nan b hem zimy a minima v lét , kdy produkce ekosystém vrcholí. Nadbytek dusíku m fle mimo jiné také zap í init zvý-enou rychlost r stu strom , u kterých se poté objevují disproporce ve výfliv . D evo takovýchto strom -patn vyzrává a je náchyln j-í k mechanickým naru-ením (Oulehle a Hru-ka, 2008).

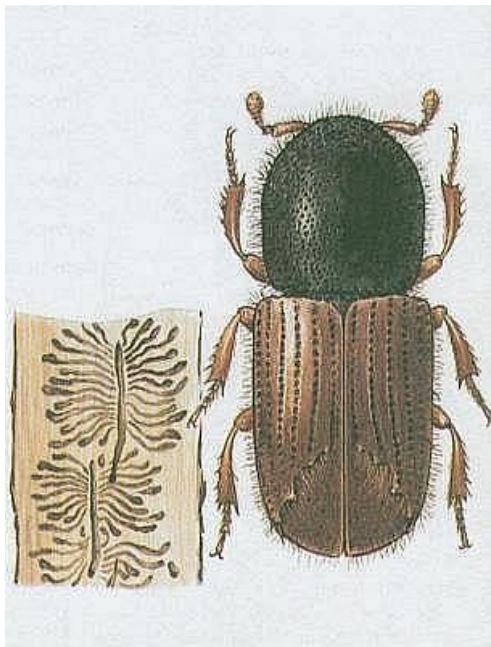
1.3.3 P sobení k rovice

Krom jifl zmi ovaných faktor abiotických se lesní ekosystémy musí vypo ádat i s mnoha disturbancemi biotického charakteru. V rámci Tmavy je nejzávazn j-ím z t chto problém p sobení k rovice. Pod ele k rovcovití za ala vznikat jifl na konci druhohor a v sou asné dob má tém 6000 druh . K rovcovití napadají nejen stromy, ale i r zné ovoce, semena i byliny. V t-ina z nich ke svému flivotu vyufflívá symbiotické houby a spole n pak napadají miliony strom v celé holarktické oblasti (Hulcr, 2003).

Dle Hulcra (2003) je u nás neznám j-í lýkoffrout smrkový (*Ips typographus*) (obr. 5) díky své vytrvalosti schopen p ekonat vzdálenost afl 60 km. Spole n se

hledá oslabené stromy a hledá si cestu k jejich tkáním. Pomocí feromonů, které jim slouží nejen k vyhledávání partnerů, ale i k synchronizaci hromadného náletu na vybraný strom i k dorozumívání mezi různými druhy k rovcům. Právě proto se na hubení k rovců používají feromonální pasty. Jedky jiřli desítky let, ale ani ty stále nefungují tak, jak by si lesníci představovali.

Z druhů, které lřijí na našem území se jako škodlivé označují hlavně druhy vyvíjející se v lýku (kambiofágní druhy). První feromonové odparníky byly použity jiřli koncem 70. let minulého století. Odparníky jsou instalovány kvůli obraně, dočištění ohnisek i kvůli monitoringu výskytu. Nejčastěji se odparníky používají v kombinaci s lapáky (obr. 6), ve kterém jsou polapení brouci zachyceni do sbíracího kontejneru. V jiném případě se používají pro ztraktivní kmen, například v případě otrávených lapáků. Lapáky a lapáky se instalují na neohrožená místa a to s hustotou alespoň jeden lapák nebo lapák na 5 ha. Při takovéto hustotě jiřli neslouží pouze k funkci monitorovací, ale plní jiřli i funkci obrannou. Ve využití feromonů lze zaznamenat i několik netradičních metod, jako je usmírnění náletu lýkofrouta smrkového na okraje smrkových porostů (Knířek a Zahradník, 2008).



Obr. 5 6 Dospělý jedinec lýkofrouta smrkového (vpravo) a jeho pořlek (vlevo); zdroj: Horáček (2004)



Obr. 6 Feromonový lapa ; foto: Zuzana Mrhová

1.3.4 D evokazné houby

D evokazné houby jsou p vodcem významných hospodá ských škod na území eské republiky. Dle Soukupa (2007) je jimi kařdoro n znehodnoceno 5 ó 10 % vyt řených strom . Tyto d evokazné houby zp sobují hniloby ko en , kmen i v tví a jsou vářhným problémem lesních porost . Nejen řle rozkládají d evní hmotu, ale pokud se dostanou ke ko en m, mohou vést ařl k rozpadu strom (Jan a řík, 2003).

T emi nejvýznamn j-ími zástupci t chto d evokazných hub rostoucích u nás na smrku jsou václavka smrková, ko enovník vrstevnatý a pevník krvav jící. Václavka smrková vytvá í bílou hnilobu obvykle na ko enech a pa ezové ásti kmenu. Ohrořljuje p edev-řm smrkové porosty na nep vodních lokalitách. Ko enovník vrstevnatý je velmi známá choro-ovitá houba, která napadá zejména jehli nany a zp sobuje bílou hnilobu napadeného d eva. Je velmi roz-ř en obzvlá-t v nep vodních smrkových lesích. Pevník krvácející se na na-em území vyskytuje ve velké mí e a napadá stromy v míst jejich poran ní, takřle m řle navazovat na okus z v í a podobn (Soukup, 2007).

1.4 Management lesa

Lesní disturbance mají b hem n kolika posledních století stále vářhn j-ř dopady, zejména kv řli klimatickým zm nám a škodlivinám v ovzdu-ř, které napadané stromy

navíc pokud je na dané lokalitě nep vodním, pak
hem snáze, než jak by na ní reagoval strom zdravý,
který je v prostředí přirozený. Jelikož na území převažují nep vodní monokultury
smrku, jsou zde dopady těchto narušení mnohem větší. Stromy, které jsou málo odolné,
pak bývají více postiženy vichřicemi a jsou i snadnějším cílem kůrovcovitých. Lesní
management se obecně snaží minimalizovat dopady lesních disturbancí a dynamiky lesa
na ekosystém ve prospěch lesnictva (Seidl et al, 2008).

Druhová skladba, stáří, zdravotní stav a vzrůst lesa společně s charakterem
lesního hospodářství jsou důležitými faktory ovlivňujícími transformační funkci lesa.
Ta je ale závislá i na geografických podmínkách, jako například na charakteru reliéfu,
srážkách, hydrografické síti nebo na celkové míře lesnatosti území. Jelikož je les
důležitým prvkem pro retenci vody, odlesnění krajiny v pramenných částech toku má
velký vliv na odtokový proces, tedy i na průběh povodní. Právě na odtokové povodni
má velký vliv i charakter lesního hospodářství. V oblastech, které jsou intenzivně
obhospodávány, dochází k pozmenění odtokového procesu vytvořením tzv.
sekundární hydričké sítě. K tomu dochází při budování zpevněných komunikací
určených pro těžební techniku ve svažitých terénech, kde poté dochází k intenzivní
koncentraci povrchového odtoku. Tuto problematiku lze sledovat hlavně během
výrazných srážkových událostí, kdy je voda z takovýchto míst odváděna podstatně
rychleji než v jiných oblastech (Langhammer, 2007).

1.4.1 Obnova ekosystémů

Přeměna nep vodních území na monokultury smrku vedla
k destabilizaci celého ekosystému, který je vystaven nejen ekologickým, ale i přirodním
disturbancím, které zde způsobují daleko rozsáhlejší škody. Lesní management se
společně s přirodními procesy snaží poškozené lesy obnovovat a stabilizovat. Podle
Hladilina (1996) existují dvě různé cesty vedoucí ke stabilizaci a obnově lesa. První,
zdlouhavější způsob spočívá v okamžitém opuštění lesnictva a ponechání vývoje
jen přirodě, přičemž výsledky lze dosáhnout během několika staletí, možná až tisíciletí.
Pokud by se přistoupilo k tomuto prvnímu způsobu a lesnictvo navždy opustilo tyto
porosty, jejich vývoj bude dále probíhat jen pod vlivem přirodních faktorů a za ním se u
nich opět uplatňovat vlivy, které byly lesnictvem eliminovány. Tento postup je však
v podmínkách kulturní krajiny prakticky nerealizovatelný. Druhým způsobem je

ekosystém na porosty blízke p írodním. Tento druhý
odá ské vyufití ásti území omezené stanovenými
diferencovanými limity. Rizikem druhe koncepce je mofnost nedodrflování stanovených
limit .

1.4.2 T flba d eva

V pr b hu vývoje lesnictví byl zaznamenán i rozvoj nových metod t flby d eva. Jejich cílem je nové, ekologicky –etrné lesní hospodá ství, které by m lo zabránit dal-ímu naru-ování lesního ekosystému a pokud to bude mofné, pokusit se obnovit klesající populace n kterých druh . V sou asnosti naru-uje t flba d eva lesy ast ji neř p írodní disturbance. Vysazovány jsou nep vodní smrkové monokultury, které jsou káceny d íve, neř stihnou dor st do klimaxového stádia. Po t flb d eva také asto vzniká jiné druhové sloření nové vegetace neř po p írodních disturbancích (Seidl et al, 2008).

Jelikofl jsou k rovcí, zejména pak lýkoflrout smrkový, v posledních n kolika desetiletích nejvýznamn j-ími hmyzími –k dci v na-ích lesích, bylo na mnoha místech v posledních letech p istoupeno k asanaci napadeného d eva. Samotná asanace se dá provád t n kolika zp soby. N které, jako nap íklad odkor ování napadených strom , jsou celkem –etrné, ale nemusí být vřdy ú inné a jsou finan n náro né. Naopak nap íklad chemická asanace je p i správné aplikaci velmi ú inná, ale existuje zde mofnost kontaminace prost edí. Práv ru ní odkor ování –krabákem je nejstar-í a nejroz-í en j-í metodou asanace (Zahradník a Knířek, 2008). Od roku 1998 byla zavedena povinnost ponechat v lese alespo 20 % polomového d íví a od roku 2003 se za ala pouřívát metoda odkor ování strom bez jejich asanace. V sou asnosti jsou v kritických oblastech rozmíst ny lapa e a feromonové lapáky, které slouřfí jak pro likvidaci –kodlivého hmyzu, tak pro jeho monitoring (Hynek a Juha, 2004).

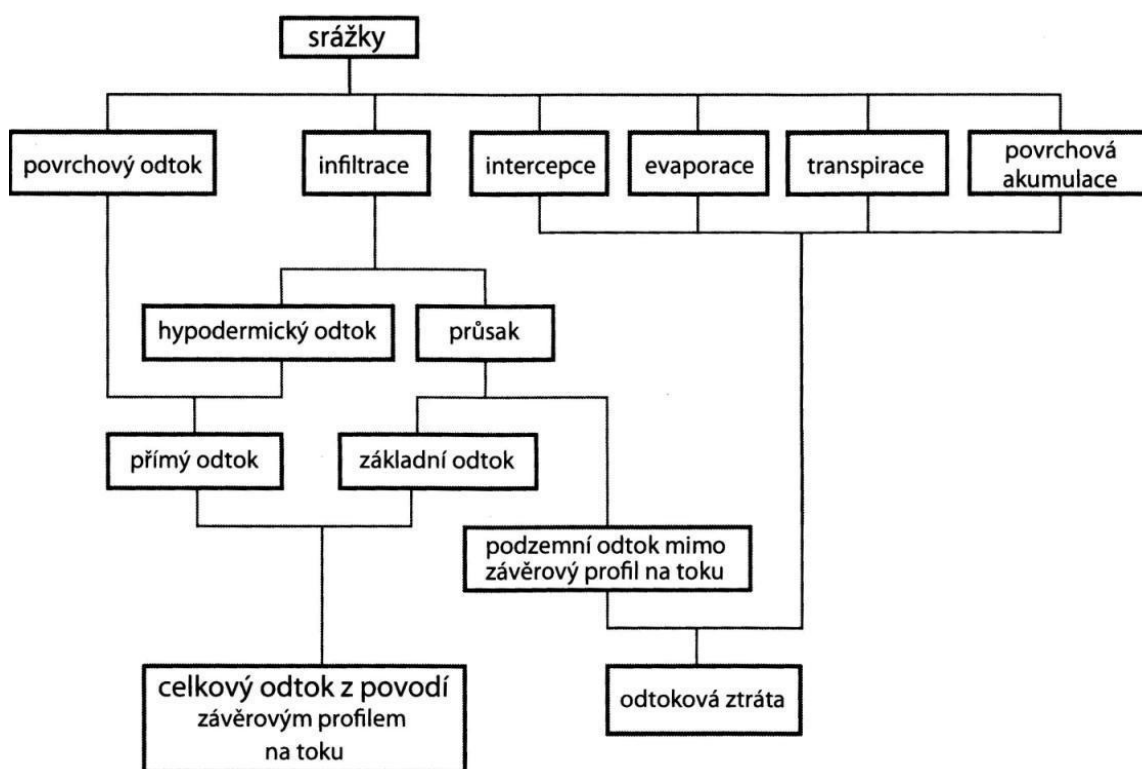
V poslední dob velmi diskutovaným problémem je problematika likvidace popadaného tlejícího d eva i ponechání ekosystému samostatnému vývoji. Dle řfřkové (2010) hraje ve–keré mrtvé d evo velmi významnou roli p i p írozené obnov lesa.

Drainážní soustavy mohou výrazně ovlivňovat odtokový proces zejména v zemědělských oblastech, kde slouží k maximalizaci ploch vhodných k obhospodávání a ekonomických výnosů. Odvodňovací systémy lze podle jejich vlivu na odtokový proces rozdělit do dvou kategorií. Otevřené drenážní systémy koncentrují povrchový odtok vody a urychlují její odtok z krajiny bez vyúfletí jejího retenčního potenciálu. Mají tedy na krajinu negativní dopad a sníží rychlost odtoku z ní, což se pak může projevit obzvláště při povodních. Uzavřené drenážní systémy zvyšují však vody do půdy a snižují povrchový odtok. V období povodní je pak povodňová vlna lépe transformována a je snižován kulminací průtok. Při velkých povodních ale může dojít k zahlcení drenážního systému a jeho následné destrukci. Ke kulminaci průtok z drenážních systémů dochází zpravidla před kulminací z povrchového a podpovrchového odtoku, ale až po kulminaci ze srážek. Při překročení infiltrační kapacity půdy přestávají mít drenáže na odtok z krajiny účinek (Langhammer, 2007).

Podle Doležala a kol. (2007) je vliv drenáží na průtoky v malých povodích malý, ale při extrémních a extrémních povodňových situacích není zcela zanedbatelný.

Během minulosti byly používány různé metody odvodňování. Nejprimitivnější metodou bylo rozorání země na velké brázdy a rýhy, z nichž jsou některé k vidění ještě dnes. Otevřené příkopy byly používány k odvodňování polí dlouho, ale jejich nevýhodou je rozdělování pozemků na malé plochy a v současnosti jsou používány hlavně na okrajích pozemků k odvodu vody (Robinson, 1990). V oblasti NP Třemšín probíhalo odvodňování drenážními systémy již od konce 19. století v podmáčených lesních celcích a rašeliníštích. Drenáže byly budovány kvůli zvýšení úhynů dřeva a rašeliny a rozčištění zemědělských ploch. Následkem odvodňování nebylo jen vysoušení rašeliny a mokad, ale i vymizení některých druhů rostlin a živočichů (NP Třemšín, 2012).

Srážko-odtokový proces je velmi složitý a závisí na mnoha podmínkách. Jako odtokový proces lze nazvat souhrn všech dějů od vstupu vody do povodí až po jeho opuštění (obr. 7). Jeho hlavním zdrojem jsou srážky. Srážková voda může být před dopadem na zemský povrch zachycena vegetačním krytem, odkud je následně během procesu evapotranspirace odpařována zpět do atmosféry. Po dopadu srážek na zemský povrch se jejich část infiltruje do půdy, odkud mohou být vypařovány zpět do atmosféry a odtékat podpovrchovým odtokem. Voda, která se do půdy nevsakuje, odtéká z území povrchovým odtokem. Celý tento proces lze vyjádřit pomocí bilanční rovnice.



obr. 7 Schéma odtokového procesu, zdroj: Královec, 2011

2.1 Bilanční rovnice

Bilanční rovnice slouží k vyjádření jednotlivých členů hydrologického cyklu daného povodí. Ve zjednodušené formě se skládá pouze ze srážek, odtoku a výparu, jejichž součet musí být nulový. Jejich vzájemný vztah lze vyjádřit v tvaru:

$$H_s = H_o + H_v$$

ok je v-ak pouřívána komplexn j-í rovnice, ve tvaru:

kde H_s vyjad uje ro ní vý-ku sráfek, H_o ro ní vý-ku odtoku, H_v ro ní vý-ku výparu, H_r ro ní zm nu zásob vody v povodí a H_u vým nu vody se sousedním povodím (Langhammer, 2007). Bilan ní rovnice je nej ast ji po ítána pro hydrologický rok. Hydrologický rok za íná v eské republice 1. 11. a kon í 31. 10. a je stanoven tak, aby sráfky, které na území spadnou, je-t tentýř rok otekly (Kemel a Kolá , 1980).

2.2 Faktory ovliv ující odtokový proces

2.2.1 Sráfky

Pr b h sráfko-odtokového procesu záleří také na pr b hu samotné sráfky. Sráfky jsou charakterizovány jejich mnořstvím, dobou trvání, intenzitou a vydatností. V p ípad prudkých a intenzivních sráfek je do p dy infiltrováno mén vody neřl p i sráfkách dlouhotrvajících, ale mén intenzivních. Men-í infiltrace je p i t chto sráfkách spojena s vy-ím povrchovým odtokem a velmi asto tímto zp sobem mohou vznikat lokální povodn nap íklad na malých horských tocích (Tarboton, 2003).

2.2.2 Infiltrace vody

Infiltrace je slořitý d j závislý na mnoha faktorech, nap íklad na intenzit sráfky i na p dních pom rech a zásadn ovliv uje sráfko-odtokový proces. B hem procesu infiltrace dochází k pronikání vody ze zemského povrchu do p dy a hornin. Tento proces je nerovnom rný a jeho intenzita se s asem sniřluje (Matou-ek, 2010). Novák (2007) porovnával infiltra ní schopnosti lesní a zem d lské p dy a dosp l k názoru, ře vzhledem k tomu, ře les se v t-inou nachází na p dách skeletovitých, svařitých, s omezenou hloubkou profilu a s lehkým zrnitostním slořením, je reten ní vodní kapacita lesní p dy zna n men-í neřl u p d zem d lských. Naopak je tomu u schopnosti infiltrace a propustnosti lesních p d, kde je infiltra ní schopnost říky nadřlořní vrstv odpadu zpravidla v t-í. Schopnost infiltrace je v-ak ovlivn na i po áte ní p dní vlhkostí. V prost edí nasyceném vodou probíhá infiltrace vody i její pohyb v p d pomaleji, neřl v prost edí nenasyčeném. Rychlost infiltrace tedy klesá s mnořstvím infiltrované vody, ařl dosp je do bodu, kdy se její rychlost ustálí a k ivka rychlosti se blířří p ímce.

Podpovrchový odtok vzniká infiltrací srážkové vody do půdy a lze rozdělit na odtok bazální a hypodermický (Jeníček, 2010). Podpovrchová voda se může nacházet ve třech vrstvách (obr. 8).



Obr. 8 Podpovrchová voda, zdroj: Langhammer, 2007

V nenasycené zóně se nachází půda nenasycená vodou. Voda, která se zde nachází, je přítomna ve spárách a pórech a bývá vyfukována rostlinami. Odtok z této zóny aerace vznikající prouděním v mikro a makropórech je nazýván hypodermický. Nenasycená zóna je oddělena nepropustnou kapilární zónou od vrstvy nasycené. V ní dochází k puklinovému a proulinovému proudění. Odtok ze zóny saturace se nazývá bazální (Langhammer, 2007).

2.2.4 Povrchový odtok

Povrchový odtok zahrnuje vlněnou vodu, která plošně odtéká po povrchu. Může vznikat překročením infiltrační kapacity (hortonovský odtok), překročením retenční kapacity (ducheho odtok) i opotvornou šexfiltrací vody v nížších částech svahu (Jeníček, 2010). Langhammer (2007) dělí povrchový odtok na hortonovský odtok a na odtok ze saturace. Hortonovský odtok vzniká po překročení infiltrační kapacity půdy jako tenká vrstva vody na povrchu pohybující se po svahu dolů. Tato tekoucí voda se akumuluje v povrchových depresích a po jejich naplnění přetéká a akumuluje se do rýh a stružek. Tento typ odtoku se vyskytuje v oblastech s vysokou intenzitou srážek,

...y s nízkou infiltra ní kapacitou a v aridních oblastech.
 ...e svému vzniku menší intenzitu srážek než odtok
 hortonovský. Dochází k němu v místech, kde půda dochází k rychlému nasycení
 půdy. Obzvláště častý je u konkávních částí svahů.

2.2.5 Antropogenní ovlivnění odtokového procesu

Původní odtokový proces je ovlivňován člověkem již od svého počátku. Jeho zdroje, tedy od pramenů. Jedná se zejména o lidskou činnost spojenou s hospodařením na lesní i zemědělské půdě, která může narušovat a pozměňovat mechanismus odtoku vody z krajiny. Jeden takovýto velký zásah do krajiny u nás lze zaznamenat v průběhu 70. a 80. let minulého století, kdy docházelo k rozsáhlým melioračním úpravám a vysušování mokřadů. Kvůli aplikaci agrotechnických opatření se snížila retenční kapacita půdy a docházelo také ke zhoršení zdravotního stavu lesních porostů. Dnes se naopak krajinný management snaží vodu v krajině zadržet a na mnoha místech NP Třemšava dochází k zahrazování někdejších odvodňovacích kanálů (Janský, Kocum, 2007). Období, kdy docházelo k nejvyššímu nárůstu odvodňovaných ploch podle Klimenta a Matouškové (2008) koresponduje se zjištěným trendem nárůstu odtoku.

3.1 Reprezentativní a experimentální povodí

Srážko-odtokový proces a změny v něm je nejvhodnější sledovat na plošně malém a z hlediska přírodních podmínek co nejvíce homogenním povodí. Výběrem co nejvhodnějšího pozorovaného povodí lze minimalizovat riziko intervencí rušivých prvků. Výzkum na takovýchto malých povodích je založen na metodě hydrologické analogie, podle níž lze získané výsledky za určitých podmínek extrapolovat pro větší území (Kříž, 1978). Pro analýzu vývoje odtoku lze využít mnoha přístupů.

Výzkumná povodí je možno rozdělit na reprezentativní a experimentální. Povodí reprezentativní chápeme jako přírodně vyhraněné území, které svým chováním reprezentuje jiná povodí se stejnými fyzicko-geografickými podmínkami. Naopak u povodí experimentálního může docházet ke změně jednoho i několika parametrů, a uhlí krátkodobým i dlouhodobým, a je u něj zjišťována odezva na takovou změnu (Malý, 2009).

3.2 Metody výzkumu

McCulloch a Robinson (1993) rozlišují studie v experimentálních povodích na tři typy:

1. Porovnávací studie
2. Studie ve stejném povodí
3. Studie v párových povodích

3.2.1 Porovnávací studie

Porovnávací studie jsou založené na porovnávání dvou a více povodí, které se od sebe v určité charakteristice výrazně liší. Výhodou této metody je při dostupnosti dat poměrně snadné získání výsledku. Problémem ovšem může být neexistence dvou naprosto totožných povodí, která by se lišila pouze v jedné určité charakteristice. Odtok z povodí pak může být ovlivněn ještě dalšími atributy, jako například geologickým podložím, typem půdy i sklonitostí (Malý, 2009).

vé práci například Matoušek (2010), který porovnává
trvajících dešťů a zjišťuje srážko-odtokové poměry
povodí. Práce je založena na porovnávání průběhu a velikosti srážky a nárazu průtoků.
Z dat je následně určován souinitel povrchového odtoku CT, který udává, jak velká
část srážky se přeměňuje na povrchový odtok. Metoda je aplikována na celou řadu
povodí, mezi jinými i na povodí horní Úhlavy i Jizerky.

3.2.2 Studie ve stejném povodí

Studie ve stejném povodí porovnává data pocházející z dob před a po výrazném
zásahu do povodí. Takovým zásahem může být například změna vegetačního krytu i
odlesnění území. Výhodou této metody je práce ve stejném území, kde lze změnit pouze
jediný parametr a ostatní, jako například geologické podmínky, zůstávají stále stejné.
Nevýhodou se může stát vliv klimatické variability. Změny v odtoku pak nemusí být
pouze přímou změnou atributu (Malý, 2009).

Příkladem tohoto typu studie může být práce Browna a kol. (2005). Ti ve své
studii hodnotí vliv změny krajinného pokryvu na variabilitu odtoku pomocí řady
překročení. Práce je pro srovnání aplikována na dvě odlišná povodí. Prvním je povodí
Red Hill ve státě Nový Jižní Wales, které je charakteristické svými nízkými denními
průtoky. Zde byly na povodní pastviny vysázeny porosty borovic. Během studie jsou
porovnávány dvě roční řady překročení. První po roce od zalesnění, kdy je minimální
průtok překročen po celý rok, druhá po osmi letech, kdy je překročení dosaženo již jen
ve 45 % roku, zatímco ve zbytku je tok vyschlý. Druhým sledovaným povodím je
povodí Wights v Západní Austrálii, kde byl naopak povodní les přeměněn na pastviny.
Výsledky obou příkladů jsou si velmi podobné.

3.2.3 Studie v párových povodích

Studie v párových povodích předpokládá měnění hydrologických charakteristik
ve dvou podobných povodích po určitou dobu. Základním požadavkem je, aby byla ob-
zkoumaná povodí prostorově i fyzicko-geograficky co možná nejpodobnější. V jednom
z měněných povodí se později provede změna jednoho atributu umělým zásahem. Opět
se může jednat například o změnu vegetačního krytu. Pro tento typ studie jsou nutná
déltrvající měnění. Studie v párových povodích je tedy kombinací předchozích dvou
studií a je schopna do značné míry odstranit jejich nevýhody.

metody vybírána sousední povodí o malé rozloze (0,1 maximální podobnost ve srážkových poměrech povodí.

Jelikož jsou srážky faktorem nejvíce ovlivňujícím odtokové poměry, je třeba zajistit jejich co nejvyšší podobnost na obou povodích. V reálných podmínkách však takovouto dvojici lokalit nelze najít, takže výsledky měření jsou vždy ovlivněny více než jen jedním pořadovaným atributem. Změny v tomto přístupu nastávají, pokud jedno ze sledovaných povodí projde výraznou změnou (např. odvodnění, těžba lesa, atd.). V takovém případě je pořadováno, aby druhé povodí zůstalo beze změny a mohlo z něj být vytvořeno tzv. kontrolní povodí (Malý, 2009).

Tuto metodu používají například Bosch a Hewlett (1982), Stednick (1996) i Watson a kol. (2001), který ji aplikuje na experimentální povodí v oblasti jihovýchodní Austrálie. U jednotlivých povodí je zkoumán dopad různých metod lesnictví na hydrologii povodí. Pro práci jsou vybrány tři skupiny povodí, mezi kterými se nacházejí jak povodí s 200 let starou vegetací tak i nově zalesněná povodí.

3.3 Výzkum vlivu vegetace na odtokový proces v ČR

Problematika vlivu vegetace na odtok malého povodí je řešena již od 19. století. Asi nejznámějším se stal výzkum Válka (1962), který prováděl systematická měření od roku 1928 ve dvojici povodí v oblasti Vsetínské Bevy. Zatímco povodí Kychová bylo z 95 % zalesněno, povodí Zdobovka tvořila pole (45 %) a pastviny (40 %). Po analýze velkých vodních stavů bylo zjištěno, že nezalesněné území vykazuje vyšší kulminace a prudší vzestup a pokles průtoků.

Velmi často používanou metodou je analýza odtoku pomocí jednoduchých a podvojných souřadnic. Postupným nahrazením hodnot průtoků v chronologickém pořadí je zaznamenán vývojový trend odtoku. Pokud je nárost křivky lineární, je možné vyloučit antropogenní ovlivnění odtoku. Pokud lze ovšem nalézt významné odchylky od lineárního průběhu a zároveň zlomy, je možné uvažovat o změnách v odtokovém režimu způsobených antropogenní činností nebo jinými změnami v povodí. Příčinou změn v průběhu souřadnic mohou být také změny srážkových úhrnů. Proto je třeba zároveň vytvořit jednoduché souřadnice srážkových úhrnů (Kliment a Matoušková, 2005).

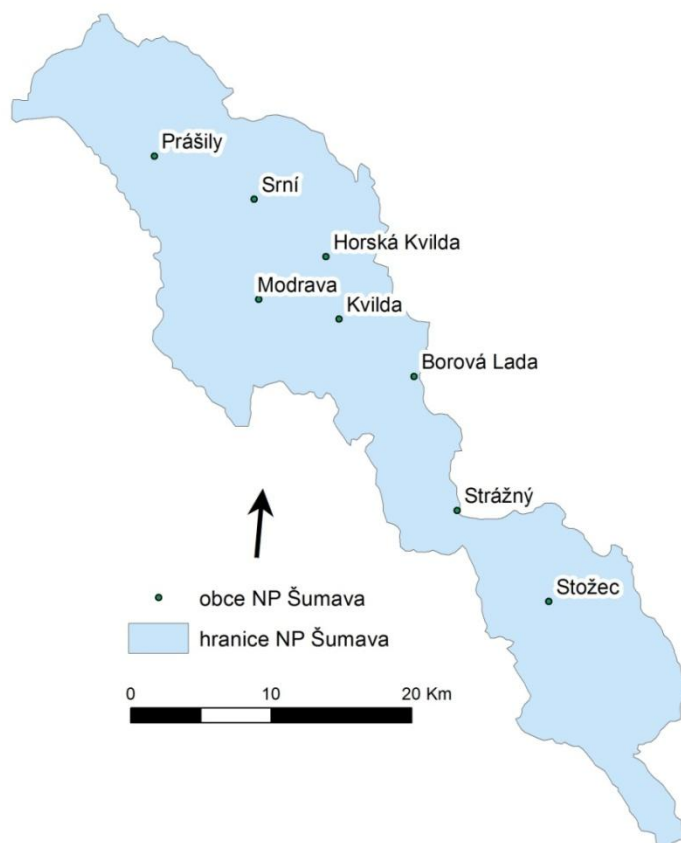
u (2005) byla tímto způsobem sledována malá povodňová oblastí byl výsledován nárůst odtoku během 70. a 80.

let a jeho postupný úbytek v následujícím období.

Vlivem vegetačních změn na odtok se zabývala také Blafková (1991). Podle ní je třeba rozlišovat, jestli se se změnou vegetačního pokryvu změnila jen velikost transpirace, nebo zda došlo i ke změně v mechanismu tvorby přímého odtoku. V případech, kde se změnila pouze velikost transpirace, jsou obvykle pro každou změnu objemu přímého odtoku nejlépe kulminačních průtoky. Tyto změny jsou lépe pozorovatelné během nízkých odtokových situací. Během výraznějších odtokových situací se naopak často nepodaří vliv vegetace spolehlivě prokázat.

Šumava

Šumavské pohorí se nachází na jihozápadě České republiky na hranicích s Německem a Rakouskem. Nejvyšším vrcholem Šumavy na české straně je vrchol Plechý s výškou 1378 m n. m.. Naopak nejnižší místo (570 m n. m.) lze nalézt v údolí Otavy u Rejtná. Řeka Otava odvodňuje nadpoloviční část NP Šumava a do jejího povodí spadá 61 % území. Na Šumavě lze nalézt nejen území národního parku, ale i celky chráněné krajinné oblasti (CHKO), která má nižší stupeň ochrany a nachází se i okrajích NP. Zatímco území CHKO zde bylo vyhlášeno již v roce 1963, národní park byl ustanoven až 20. 3. 1991. NP Šumava (obr. 9) je se svou rozlohou 68 064 ha plošně největším národním parkem České republiky. Oblast národního parku je zalesněna až z 80 % (Andrášková, 2003).

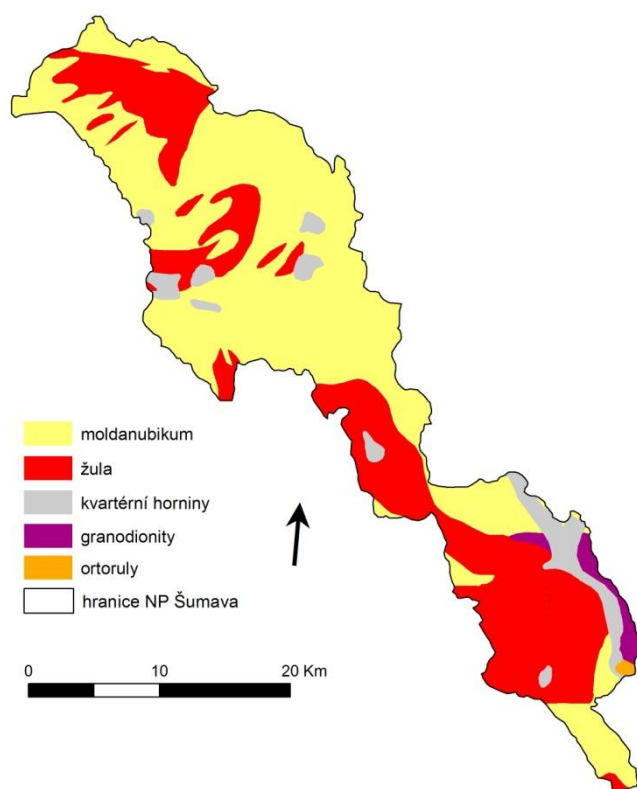


Obr. 9 Území NP Šumava

e a pedologie

Šumavská krajina se vyvíjela po stamiliony let, během nichž prošla několika horotvornými pochody a zarovnáními. Tmávava je součástí geologické jednotky českého masivu, který je součástí reliktu mohutného pásebného pohorí orosenu variského stáří. Po dlouhém zvrátání a erozi se na některých místech dostaly na povrch různé druhy rul a granitů.

Z geologického hlediska je oblast tzv. šumavskou v tví moldanubika. Na území šumavského národního parku (obr. 10) jsou zastoupeny dva základní geologické celky moldanubikum a moldanubický pluton. Moldanubikum se skládá ze silně metamorfovaných krystalických břidlic a migmatitů pravděpodobně předprvohorního stáří. Jako moldanubický pluton chápeme několik vlnitých granitových intruzí, které lze nalézt například v okolí Prácheň a Plechova a další drobnější granitové útvary v jejich okolí, u nichž se evaluje pozdní variské stáří (Babárek, 2006).



Obr. 10 Geologické poměry NP Tmávava

oblast T^havy zaledn na kontinentálním ledovcem. oblasti nalézt uložené ledovcové sedimenty (morény,

tility). Následné holocenní oteplení vedlo ke vzniku í ních teras a ra-elini-. T^havská ra-elini-t od konce zaledn ní konzervují pylová zrna a obsahují cenné informace o pr b hu proces v kvartéru (Bab rek, 2006).

T^hava je jedním z nejstar-ích a nejrozsáhlej-ích poho í ve st ední Evrop a lze zde nalézt rozsáhlé poz statky vrcholových plo-in vyzdvižených tektonickými pohyby, které leží v centrální ásti T^havy a jsou známé jako -umavské plán . Jak uvádí And ra (2003), T^havské plán , tvo ící asi 40 % celkové rozlohy, p edstavují centrum -umavské horské klenby. Plán jsou odvod ovány zdrojnicemi Otavy, ekami K emelná a Vydra, Voly kou a horní Vltavou.

Stejn jako na v t-in území, jsou i p dy T^havy výsledkem složitých a dlouhotrvajících p dotvorných d j . Protože je zde výrazn vyvinutá tzv. vý-ková p dní pásmovitost, je jedním z d ležitých faktor rozhodujících o typu p dy nadmo ská vý-ka, se kterou souvisí i závislost na klimatu. Základní p dní skupinou jsou zde hn dé p dy, u nichž lze pozorovat rostoucí kyselost s rostoucí nadmo skou vý-kou. Práv kyselost p dy byla v 80. letech závažným problémem. Rostoucí acidifikace srážek zp sobovala vyplavování vápníku a ho íku z p dy. Toto ochuzení pak m lo za následek, obzvlá-t u jehli nan , snížení odolnosti v í chorobám, klimatickým faktor m a -k dc m. Krom jížl zmi ovaných hn dých p d jsou zde zastoupeny také podzoly a podzolové p dy, které lze nalézt hlavn na hrani ním h betu, v údolních nivách p evládají p dy nivní, v malém množství je možné na T^hav nalézt i rendziny a poh bené a fosilní p dy a v neposlední ad jsou zde zastoupeny p dy ra-elini-tní. Ra-elini-tní p dy se vyskytují v oblastech ra-elini- a jsou pro T^havu typické (And ra, 2003).

4.2 Klimatické podmínky

Oblast NP T^hava má podnebí p echodné mezi oceánským a kontinentálním, s malými výkyvy teplot b hem roku a stejnorn rozloženými a pom rn vysokými srážkami. Oblast lze rozd lit na dva klimaticky odli-né celky. První oblastí lze ozna it pohrani ní pásmo T^havy s p ílehlými údolími Vltavické brázdy, horní Vltavy a Otavy v polohách nad 800 m a jihozápadní svahy vnitrozemského pásma. Druhá klimatická oblast je tvo ena severními a severovýchodními svahy vnitrozemského pásma a

ní. Podle klimatického členění lze v t-mavě rozlišit edoevropského středohorského typu. Jenom v některých okrajových částech je možné zařadit do mírně teplé oblasti. Centrální část t-mavy je jednou z nejchladnějších oblastí jižních a jihozápadních částech (Albrecht, 1986).

Nejvýznamnější meteorologickou stanicí v oblasti je stanice Churáňov, patří českému hydrometeorologickému ústavu. Stanice je situována v centrální části t-mavy v nadmořské výšce 1122 m. V podzimních a zimních obdobích jsou zde často zaznamenávány inverzní situace zvyšující průměrné měsíční teploty. Tyto situace zde lze zaznamenávat také díky poloze stanice na západní straně Alp a tudíž díky uplatnění se fénového efektu. V oblasti t-mavy je častý výskyt extrémně nízkých teplot (Staněk a Bednář, 1998). Vybrané hodnoty naměřené na stanici Churáňov v průběhu let 1956 až 1997 lze nalézt na obr. 11.

Průměrná roční teplota:	4,2 °C
Nejteplejší roky:	1989, 1994, roční průměr 5,6 °C
Nejchladnější rok:	1956, roční průměr 2,5 °C
Nejteplejší měsíc:	červenec 1994, měsíční průměr 17,4 °C
Nejchladnější měsíc:	únor 1956, měsíční průměr -14,2 °C
Maximální teplota:	34,2 °C, 27. července 1983
Minimální teplota:	-32,6 °C, 10. února 1956
Průměrný roční úhrn srážek:	1066 mm
Nejvlhčí rok:	1995, roční úhrn 1470 mm
Nejsušší rok:	1971, roční úhrn 862 mm
Nejvyšší měsíční úhrn srážek:	258 mm, leden 1976
Nejnižší měsíční úhrn srážek:	3,5 mm, září 1959
Maximální denní množství srážek:	136 mm, 31. července 1977
Nejvyšší sněhová pokrývka:	197 cm, březen 1988
Maximální rychlost větru v nárazu:	45 m/s (162 km/h), 1. března 1990 v 6:35
Nejvyšší naměřený tlak vzduchu:	908,6 hPa, tj. 681,5 torr, 31. ledna 1989
Nejnižší naměřený tlak vzduchu:	844,2 hPa, tj. 633,2 torr, 26. února 1989

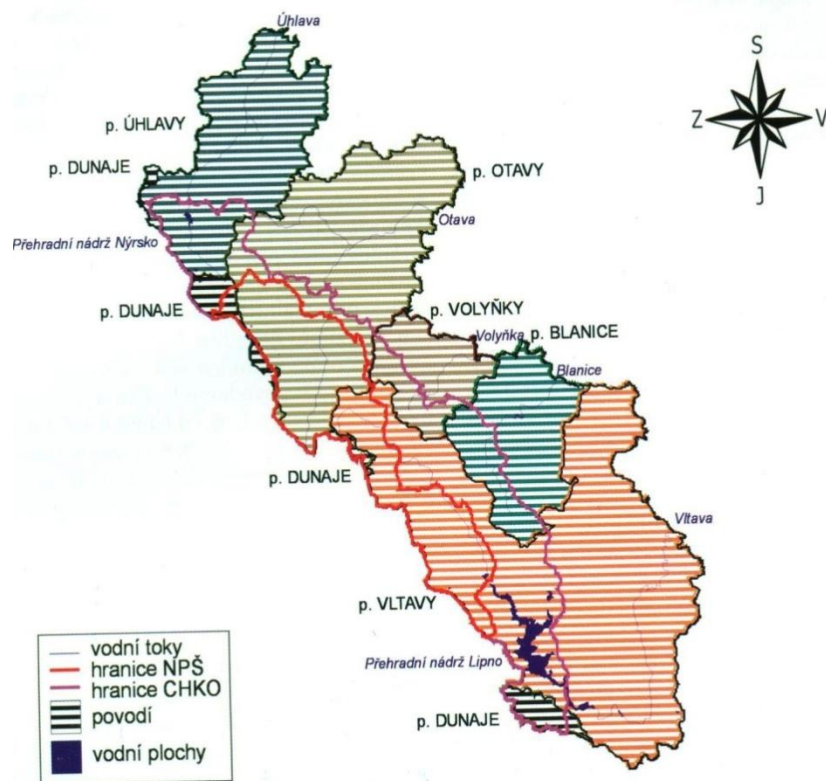
Obr. 11 Tabulka vybraných hodnot naměřených na stanici Churáňov v průběhu let 1956 až 1997; zdroj: Staněk a Bednář, 1998

4.3 Hydrologické poměry

t-mavou prochází hlavní evropské rozvodí mezi Severním a Jižním mořem. Kromě jeleznorudské kotliny, která je odvodňována do Dunaje, patří celé území do povodí Labe (obr. 12). Dvěma hlavními řekami jsou zde Otava a Vltava. Prameny Vltavy lze nalézt na východním svahu Jižních hor, kde pramení jako Jižní potok, který je dále od Kvildy již nazýván Teplou Vltavou. Ta se u obce Chlum stéká se Studenou

ivu. Rozsáhlá oblast Plání a zbytek Tmavy jsou
 á jako soutok Vydry a K emelné pod e kovou pilou.

Její hlavní pramen se nachází na severním svahu Luzného (Melicharová, 1976).



Obr. 12 ó Hranice povodí; zdroj: And ra (2003)

Území národního parku se nachází v Chrán ěné oblasti p írozené akumulace vod. Její hranice je téměř totožná s hranicí CHKO Tmava a jsou zde uplat ōována ochranná opat ění pro udržení vodního potenciálu území, jakosti vod a také vodohospodá ské funkce území. Pr m ěrný odtok z území národního parku je $14,1 \text{ m}^3/\text{s}$, z ěhož 61% odtéká do ěky Otavy. Otava odvod uje celkem 48 % území národního parku. Velké množství mok adních a ra-elinných vod p ízniv ě ovliv uje akumulaci vody v území a reguluje její odtok, což se projevuje i na malé rozkolísanosti odtok ů z území (NP Tmava, 2012).

Velmi významnými zásobárnami vody jsou ůmavská ra-elini-t . Ty lze rozd ělit na minerotrofní, které lze v t ěinou nalézt v terénních zamok ěných sníženinách a í ních nivách, a ra-elini-t ombotrofní, neboli vrchovi-t . Tento typ je nejznám ější a charakteristický pro oblast Tmavy. Vrchovi-t lze d ěle d ělit na údolní a horská. Údolní vrchovi-t se vyskytují v níž ěích polohách kolem 800 m n. m. a objevují se v nivách

vyskytují ve výše položených oblastech Tmavských
 do 1000 m (Dohnal, 1965). Od roku 1999 je na území
 NP Tmava realizován program revitalizace tmavských ra-eliní, jehož hlavním
 cílem je záchrana ra-eliní v minulosti poškozených zejména lidskou činností. Během
 programu je kladen důraz zejména na podporu zadržování vody v krajině (Bufková,
 2010).

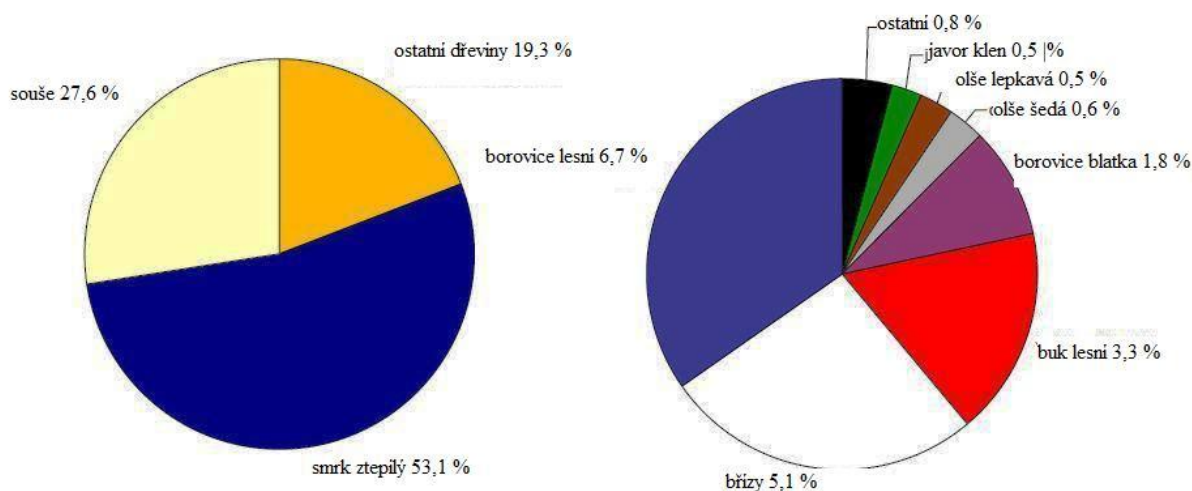
Kromě přirozených vodních toků lze na Tmavě nalézt i dva uměle vybudované
 plavební kanály, které sloužily pro přepravu dřeva ze tmavských lesů.
 Schwarzenberský plavební kanál v jižní části NP Tmava propojuje povodí
 Jerného a Severního moře a díky této unikátnosti byl vyhlášen Národní kulturní
 památkou. V západní části se nachází Vchynicko-tetovský plavební kanál, který odebírá
 vodu z Vydry v oblasti pod Antýglem. Ten dnes slouží pro potřeby elektrárny na
 měkké dřevě. Oba kanály vznikly v 18. století pod vedením knížete Schwarzenberga
 (NP Tmava, 2012).

4.4 Vegetační poměry

P vodní krajinný pokryv Tmavy byl nejvíce ovlivněn činností člověka. Nižší
 části Tmavy začaly být intenzivně odlesňovány již od holocénu, vyšší polohy až ve 12.
 století a během období středověké kolonizace nejvyšší partie. Období nejintenzivnějšího
 odlesňování zde nastalo kvůli skládskému průmyslu a to především po třicetileté válce a
 dosáhlo vrcholu v 18. století. P vodní bukové a jedlové porosty pak byly postupně
 nahrazovány monokulturami smrku (Beneš, 1996). Na výsadbu nových stromů byla
 zprvu používána semena p vodního tmavského smrku, která ale byla později kvůli
 jejich nedostatku nahrazována semeny ze smrku cizího původu, které nebyly
 přizpůsobené k růstu v podmínkách Tmavy. Po této výrazné změně ve skladbě lesa se
 začala projevovat jeho náchylnost na rušivé faktory, obzvláště nep vodní smrky jsou ke
 větrnému stresujícímu faktorům daleko náchylnější než p vodní tmavský smrk (Andra,
 2003).

V současnosti jsou p vodní smíšené horské lesy vystředány kulturními
 smrčiny. Způsob, kterou spravuje národní park nebo chráněná krajinná oblast, je 24 %
 ponecháno zcela samovolnému vývoji a spadá do šlechtěnášahové zóny. Díky
 rozsáhlému biomonitoringu bylo zjištěno, že více než polovinu území Tmavy pokrývá
 smrk ztepilý a téměř 28 % povrchu je tvořeno soušemi. Na zbylém území se vyskytují

on kud dominuje borovice lesní (obr. 13) (ířlková,



Obr.13 ó Druhové složení hlavního stromového patra; zdroj: ířlková (2010)

4.5 Historický vývoj kalamit

B hem n kolika posledních desetiletí byly ůumavské lesy vystaveny ru-ivým faktor m, které zp sobily jejich postupné oslabování. Taková situace ovliv uje nejen produk ní, ale i ekologické funkce lesa. Takto oslabené stromy jsou pak velmi náchylné k r zným biotickým i abiotickým typ m disturbancí (Vacek, 2006).

Za posledních 500 let se v oblasti Ťumavy vyskytly v kařdém století vich ice, které zp sobily rozsáhlé naru-ení lesních porost . Zmínky o první významn j-í vich ici spojované s následnou gradací k rovce pocházejí z roku 1726. Významná vich ice byla zaznamenána v roce 1740, ale nebyla nijak spojována s dal-ím výskytem k rovce. K velké k rovcové kalamit vedla men-í vich ice na Vimpersku. K rovcem zde bylo napadeno desetkrát více strom neř padlo kv li vich ici. Po této kalamit byla zintenzivn na ochranná opat ení proti k rovcí, takže n kolik dal-ích vich ic nevedlo ke gradaci k rovce. Na konci 19 století následovala série ni ivých vich ic v letech 1868 ó 1870. Spole n s následným p emnořením k rovce se jednalo o jednu z nejni iv j-ích kalamit v historii Ťumavy (Jelínek, 1988).

Po t chto zku-enostech se dal-í významn j-í kalamity objevily ař na konci 2. sv tové války, b hem které vedly vysoké t řby d eva ke zvý-ení stav k rovce a následný teplý a suchý rok 1947 vyústil v dal-í k rovcovou kalamitu. Díky d sledné

to se zabránilo dalším velkým gradacím až do počátku
1984 zasáhla tmavou průjivě zvýšeném stavu k rovice
další vichice., jejíž rozsah byl srovnatelný s kalamitou z roku 1870. Tato vichice
odstartovala k rovcovou kalamitu, která nebyla dodnes stabilizována (Zatloukal, 1998).

Vichice z listopadu 1984 byla během dalších let následována dalšími, z nichž
nejvýznamnější byla vichice Kyrill v lednu 2007, která podle odhadu ponížila 700 000
m³ dřeva. Ta byla následovaná dalšími gradacemi k rovice (Svoboda a Zenáhlíková,
2009).

Bakalářská práce je zpracovávána pro osm dílích povodí nacházejících se v centrální části NP Tmava, v pramenné oblasti řeky Vydry. Jedná se o povodí Antýglu, Beznického potoka, Cikánského potoka, ěrnohorského potoka, Javoňho potoka, Ptaňho potoka, Roklanského potoka a Tmavého potoka. Ve všech závrových profilech těchto toků jsou umístěny měřné stanice, které zde mají vodní stavy a další hydrologické charakteristiky. Geologickým podkladem povodí jsou převážně horniny moldanubika nebo flula. Jako podní pokryv zde lze nejčastěji nalézt různé typy podzolových půd a gleje, případně také kambizem. Povodí se od sebe rozlišují hlavně různým zdravotním stavem lesa, od lesa zdravého na ěrnohorském potoce, až po naprosto zničený, jako v oblasti Roklanského potoka.

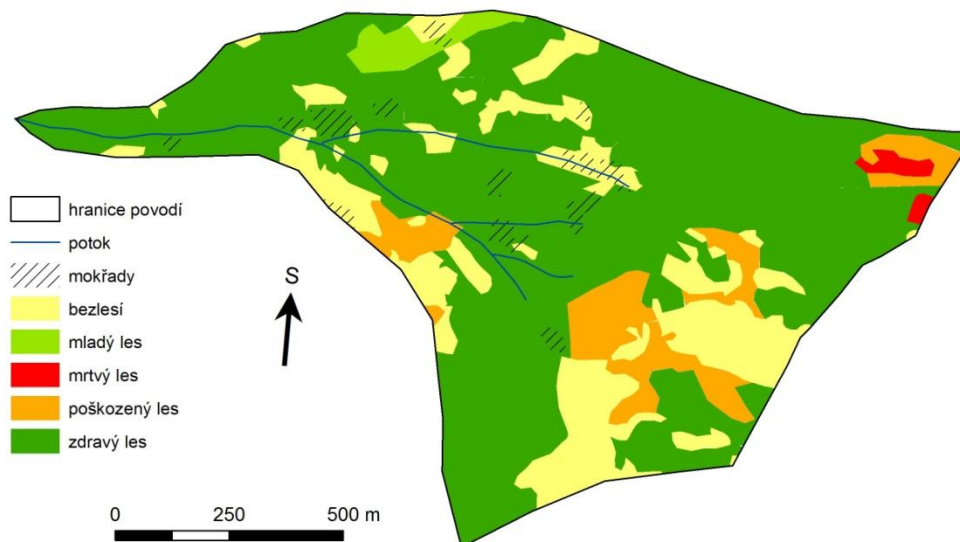
5.1 Antýgl

Antýgl je profil bezejmenného potoka, který je pravostranným přítokem řeky Vydry. Profil (obr. 14) je umístěn u silničního propustku a tok je zde umle usměrován. Plocha povodí je zde nejmenší ze sledovaných (1,1 km²). Vodní stavy jsou zde měny od 28. 6. 2010, tedy nejkratší dobu ze všech modelových povodí. Délka říční sítě je 4,65 km a její průměrná hustota 4,27 km/km². Průměrná sklonitost povodí je 4,17°. Geologické podloží je tvořeno flulou a horninami moldanubika. Podním krytem jsou zvětiny podzolové půdy, pouze u závrového profilu se vyskytuje glej. Mokřady lze nalézt na 6 % území.



Obr. 14 ó Profil Antýgl; foto: Zuzana TMrhová

je v něm prováděna těžba dřeva pod správou Lesů Ka-perské Hory. Na většině území (69 %) je zdravý les, plochy bezlesí (18,5 %) zde vznikají většinou následkem těžby a jen 2 % území zabírají plochy mladého lesa. Poškozený les se vyskytuje na 8 % povodí a zbylá 2,5 % připadají na les mrtvý (obr. 15). V porovnání s ostatními modelovými územími se tedy jedná o jedno z nejzachovalejších.



Obr. 15 Zdravotní stav lesa povodí Antýgl

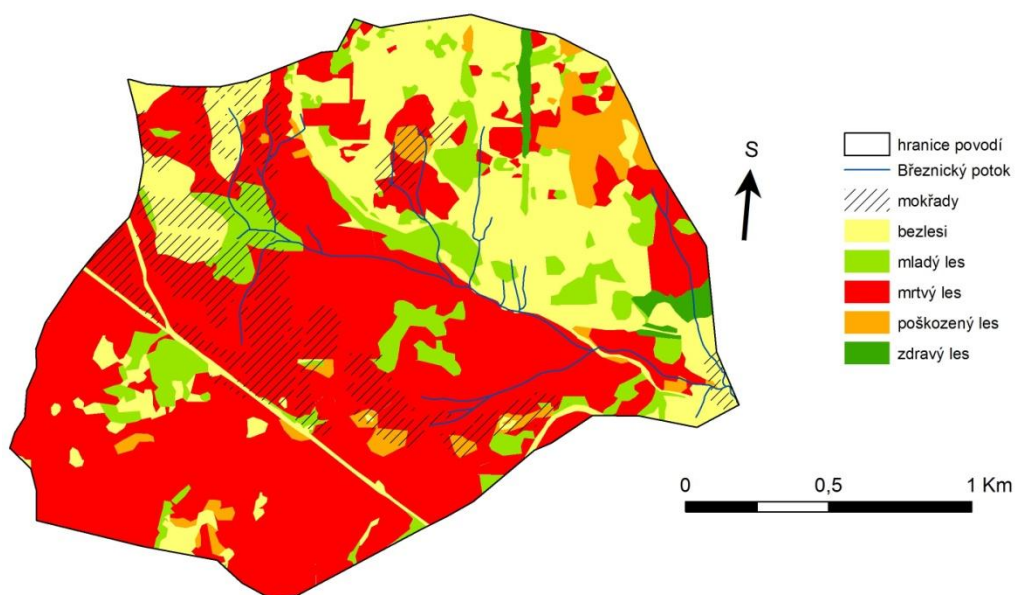
5.2 B eznický potok

B eznický potok společně s potokem Luzenským tvoří na jejich soutoku potok Modravský, který se poté stéká s Roklanským potokem a společně tvoří řeku Vydru. Záporný profil (obr. 16) je stejný jako u profilu Antýgl umístěný pod mostkem a koryto je tedy uměle usměrněno. Plocha povodí B eznického potoka je 3,43 km². Geologické podloží území je tvořeno výhradně horninami moldanubika a jako podkladní kryt jsou zde zastoupeny gleje, kambizem a podzolové půdy. Průměrný sklon území je 6,2°. Délka vodních toků je 8 km a hustota říční síť 2,34 km/km². Mokřady lze nalézt na přibližně 15 % území. Měření vodních stavů zde probíhají od 25. 9. 2007 a navíc je zde od 14. 5. 2008 v provozu i srážkoměr.



Obr. 16 ó Profil B eznického potoka; foto: Zuzana TMMrhová

Oblast povodí b eznického potoka (obr. 17) je z velké ásti pokryta mrtvým (58 %) a po-kozeným (5 %) lesem. Vyskytují se zde také velké plochy bezlesí (25 %). Naopak mladý les zde zabírá pouze 11 % území a zdravý les se v povodí nachází jen velmi z ídka, na 1 % plochy povodí.



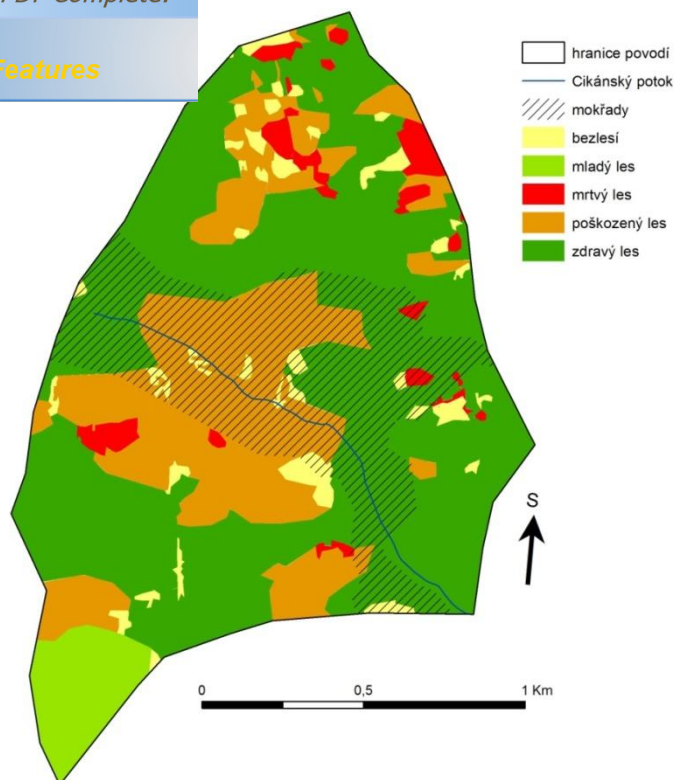
Obr. 17 ó Zdravotní stav lesa v povodí B eznického potoka

Cikánský potok (obr. 18) je levostranným přítokem Modravského potoka a jeho povodí má rozlohu 2,28 km². Geologické podloží povodí je tvořeno převážně horninami moldanubika, na které části jsou tvořeny kvartérními horninami. Z povodí zde lze nalézt podzolové půdy, kambizem a gleje. Průměrný sklon území je 4,54° a délka toku je 1,61 km. Hustota říční sítě je zde jen 0,71 km/km², ale mokřady zde pokrývají 42,5 % území. Jedná se tedy o povodí s nejvyšším podílem mokřadů z osmi modelových. Měření výšek hladin probíhá na Cikánském potoce od 20. 5. 2008.



Obr. 18 Cikánský potok; foto: Zuzana Mrhová

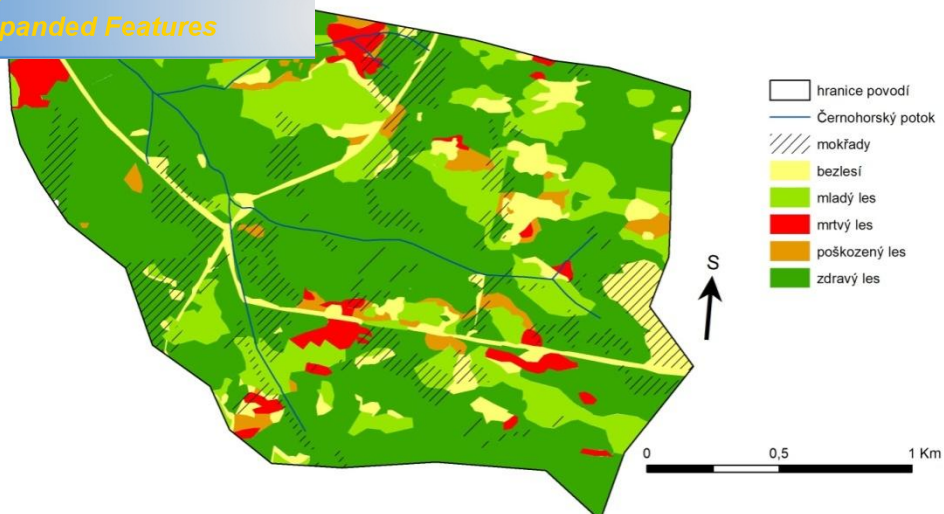
Území je z 60 % pokryto zdravým lesem a dalších 28 % pokrývá les poškozený. Jen velmi malé plochy povodí pokrývá mladý les (4,5 %), bezlesí (4 %) a mrtvý les (3,5 %) (obr. 19).



Obr. 19 6 Zdravotní stav lesa v povodí Cikánského potoka

5.4 ernohorský potok

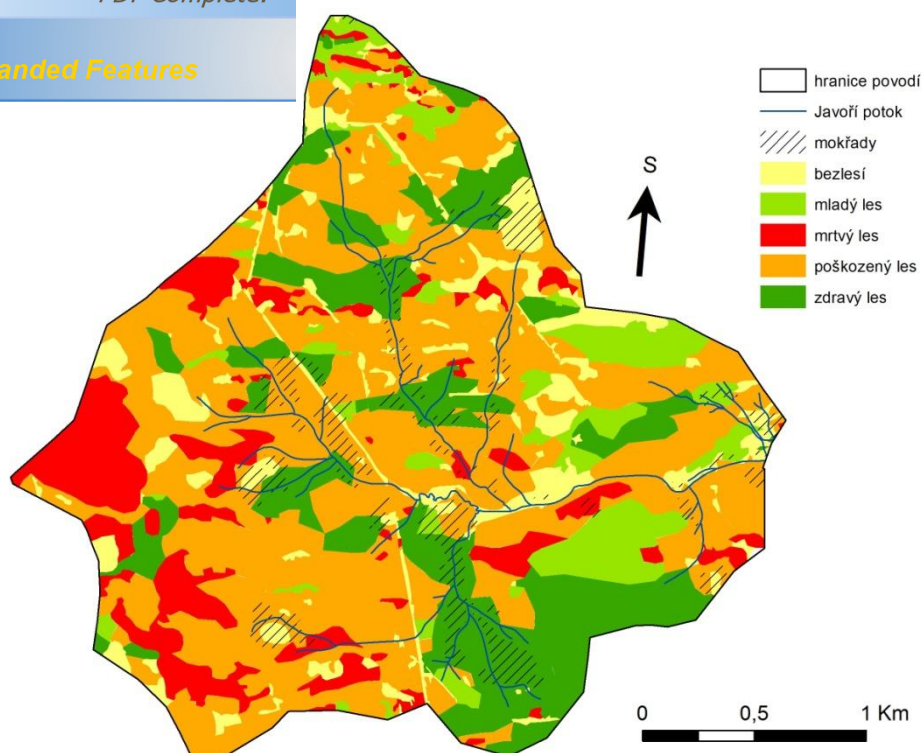
ernohorský potok je pravostranný přítok Modravského potoka s plochou povodí 3,58 km². Geologické podloží je tvořeno výhradně horninami moldanubika a z podzemí se zde vyskytují podzoly, gleje a kambizem. Území má průměrný sklon 3,59°. Délka vodních toků je 16,16 km a hustota říční sítě 4,51 km/km². Mokřady se vyskytují na téměř 30 % území. První měření výšek hladin zde byla provedena 18. 12. 2007. Plocha povodí je pokryta převážně zdravým lesem (67 %), mladým lesem (17 %) a bezlesím (9 %). Jen velmi malé části pokrývá les mrtvý (4 %) a poškozený (3 %) (obr. 20).



Obr. 20 ó Zdravotní stav lesa v povodí ěrnohorského potoka

5.5 Javo í potok

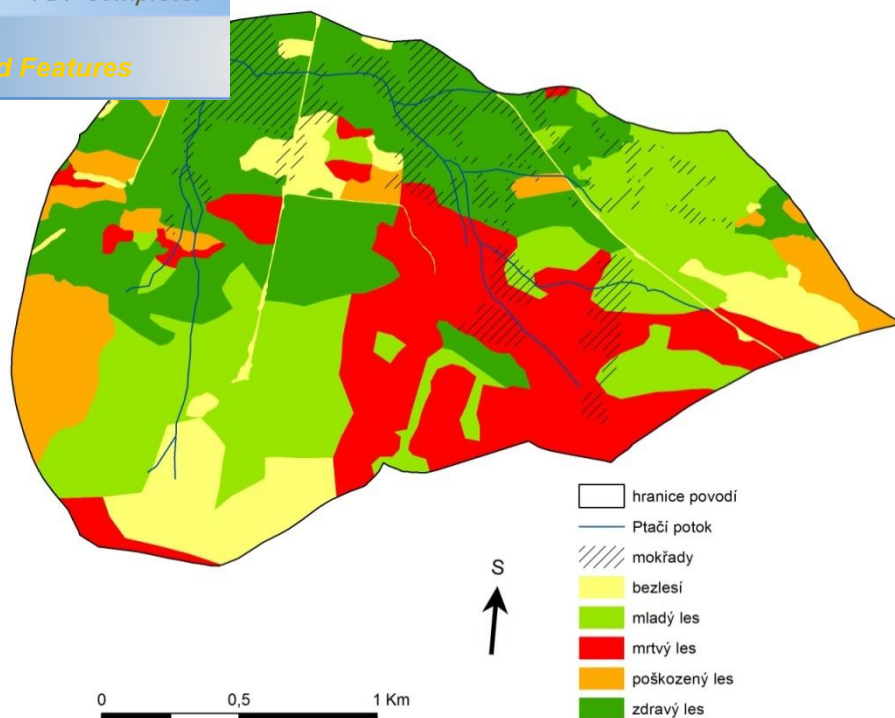
Javo í potok je levostranným p ítokem Roklanského potoka. Plocha jeho povodí je $6,6 \text{ km}^2$ a jeho podloží je tvo ěno horninami moldanubika a ěulou. Z p dních typ zde lze nalézt podzoly, gleje a kambizem . Pr m rný sklon povodí je $5,2^\circ$, délka vodních tok ě 17,76 km a hustota í ní síť $2,69 \text{ km/km}^2$. Mok ady pokrývají 12,4 % z celkové plochy povodí. V p ípad ě Javo ího potoka jsou vý-ky hladin m ěny od 20. 11. 2009. Jedná se tedy o pom rn ě nov ěí stanici. T ěm ě polovina území (49,5 %) je pokryta po-kozeným lesem, 12 % pokryvu tvo í les mrtvý a na 9,5 % je bezlesí. Zdravý les pokrývá 19,5 % plochy povodí a mladý les se vyskytuje na 9,5 % (obr. 21).



Obr. 21 ó Zdravotní stav lesa v povodí Javořího potoka

5.6 Ptaří potok

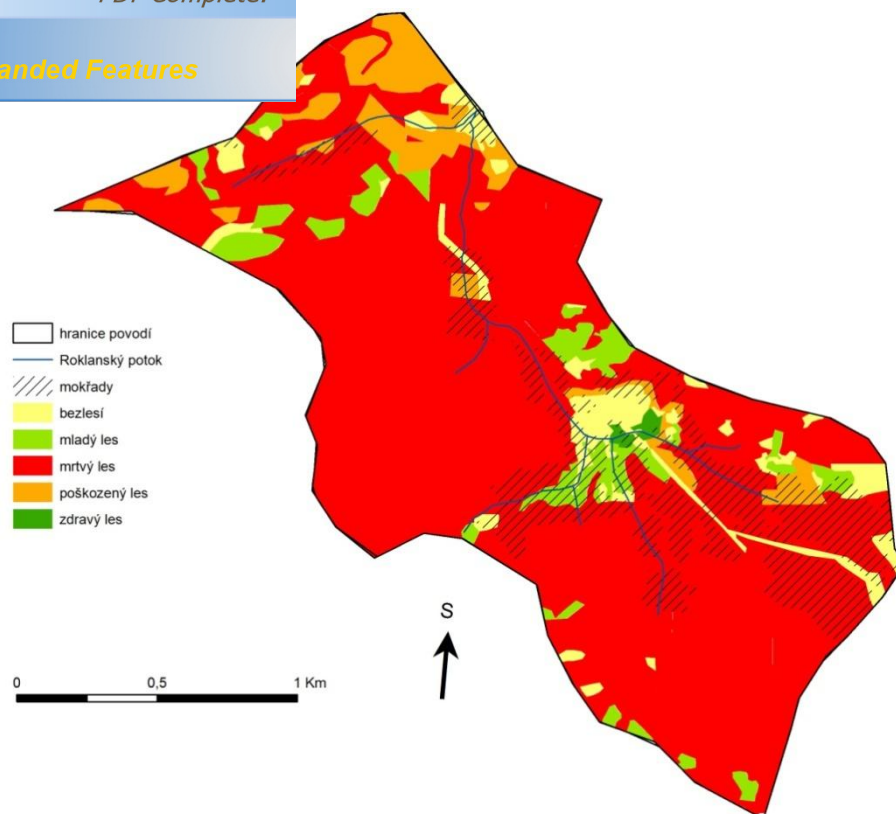
Ptaří potok je pravostranným přítokem potoka Modravského. Plocha jeho povodí je 4,1 km² a jeho geologické podloží tvoří převážně horniny moldanubika a částně i flula. Způsob se v povodí vyskytují podzolové půdy a gleje. Průměrný sklon povodí je 4,76°. Délka vodních toků je 6,84 km a hustota říční sítě 1,67 km/km². Mokřady se vyskytují na 12 % území. Ptaří potok má nejdelší dobu měření z vybraných modelových povodí. První měření výšek hladin zde proběhlo 14. 7. 2006. Poslední nedávno, 12. 7. 2011, byl u profilu Ptařího potoka zprovozněn i srážkoměr. 31 % plochy povodí je pokryto zdravým lesem a na 27 % roste les mladý. Zcela zničeno je 23 % území a poškozeno 8 %. Na 11 % se nachází bezlesí (obr. 22).



Obr. 22 ó Zdravotní stav lesa v povodí Ptačího potoka

5.7 Roklanský potok

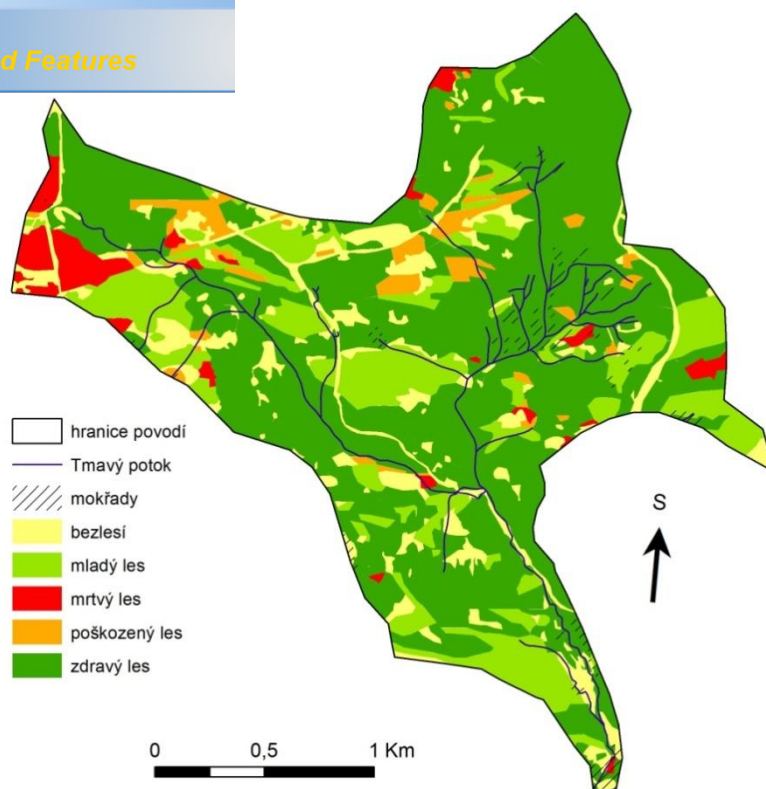
Roklanský potok je společně s Modravským potokem zdrojnicí řeky Vydra. Místní profil je však umístěn v jeho horní části. Povodí má rozlohu 3,3 km². Geologickým podkladem území jsou horniny moldanubika a z podnětů jsou zde zastoupeny podzoly, kambizem a částečně i gleje. Průměrný sklon povodí je 5°. Délka vodních toků k průměrnému profilu je 7,54 km a hustota síť 4,6 km/km². Mokřady lze nalézt na 27,3 % plochy povodí. Měření výšek hladin na Roklanském potoce funguje od 14. 5. 2008. Území je ze všech modelových nejvíce poškozeno kůrovcem. Mrtvý les zde zabírá většinou část území (80 %). Na zbytku území je celkem rovnoměrné zastoupení poškozeného lesa (7 %), bezlesí (6,5 %) a mladého lesa (6 %). Zdravý les se v povodí téměř nevyskytuje (0,5 %) (obr. 23).



Obr. 23 ó Zdravotní stav lesa v povodí Roklanského potoka

5.8 Tmavý potok

Tmavý potok je levostranný přítok potoka Javořího, do kterého se vlévá v jeho spodní části u Javoří Pily. Místní profily obou potoků jsou propojeny. Zatímco místní profil Javořího potoka se nachází opticky pod mostkem a je tedy uměle usměrován, u Tmavého potoka tomu tak není. Jelikož jsou oba profily propojeny, výšky hladin se zvažují u Tmavého potoka stejně jako u Javořího 20. 11. 2009. Plocha jeho povodí je 4,8 km² a geologické podloží je tvořeno horninami moldanubika, flulou a zčásti i kvarténními horninami. Způsob zde vyskytují gleje, podzoly a z malých částí i kambizem. Průměrný sklon povodí je 6,37°. Délka vodních toků je 15,16 km a hustota říční sítě 3,14 km/km². Mokřady lze nalézt na 4,3 % povodí. V případě Tmavého potoka lze mluvit o povodí velmi zdravé co do stavu lesních porostů. Zdravý les zde zabírá 64 % plochy povodí a mladý les roste na dalších 18 %. 10 % území je bezlesí a na zbylých 8 % povodí jsou vyváženě zastoupeny lesy mrtvé i poškozené (obr. 24).

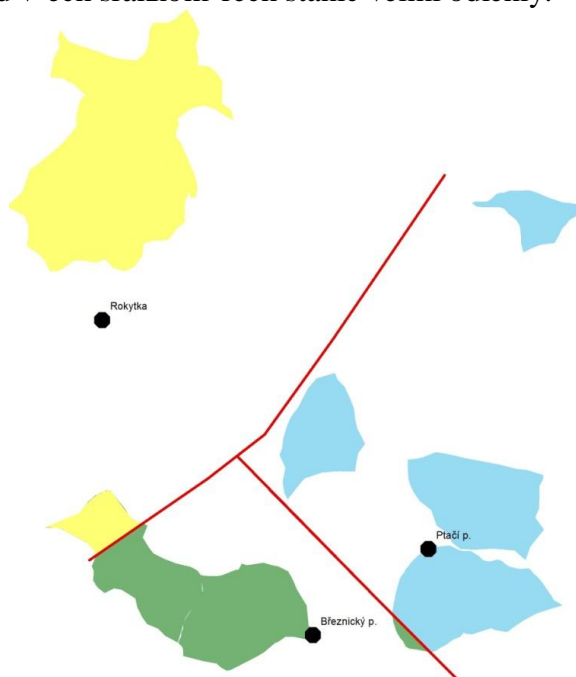


Obr. 24 ó Zdravotní stav lesa v povodí Tmavého potoka

Pro zpracování práce byla použita srážková data ze tří meteorologických srážkomrných stanic, která posloužila jako podklad pro analýzu srážko-odtokového procesu. Dále byla využita data obsahující hodnoty vodních stavů na závěrových profilech sledovaných povodí. Pro geoinformatické analýzy byly využity GIS vrstvy z geoportálu CENIA a z databáze DIBAVOD.

6.1 Srážková data

Pro vytvoření analýzy srážko-odtokového byla použita srážková data ze stanic Bězník, Rokytka a Ptáčí potok, patřících Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy. Srážky jsou měřeny v mm po desetiminutových intervalech. Nejdelší dobu měří srážky stanice u Běznického potoka, která takto funguje již od poloviny května 2008. Jen o několik měsíců později, na začátku září 2008 bylo spuštěno i měření srážek na stanici Rokytka. V případě Ptáčího potoka dochází k výraznému zkrácení datové řady, jelikož je tato stanice nejmladší z použitých a první měření srážek zde proběhla až v polovině srpna 2011. Vzhledem k prostorovému rozmístění těchto srážkomrrech stanic a modelových povodí, byly mezi stanicemi vytvořeny Thiessenovy polygony (obr. 25) a dle nich pak určena procentuální připsanost k dané stanici. Problémem se stal profil Antýgl, který je od všech srážkomrrech stanic velmi odlehlý.



Obr. 25 Rozdělení povodí podle Thiessenových polygonů

Pro v-echna modelová povodí byla získána desetiminutová data vodních stav ze stanic P írodov decké fakulty. Nejdelší datová ada pocházela ze stanice Pta í potok, kde m ení probíhají jiř od 14. 7. 2006. Naopak nejkratší datová ada pochází z profilu Antýgl, kde jsou vý-ky hladin m eny ař od 28. 6. 2010. Data s vý-kami hladin jsou uvád na v milimetrech. Vzhledem k dostupnosti vý-ek hladin z v t-iny stanic, bylo pracováno s daty v rozmezí od kv tna 2010 do listopadu 2011.

Dostupné byly i konsump ní k ivky sledovaných profil . Ty jsou v-ak v n kterých p ípadech pom rn nep esné a mohou se v nich vyskytovat chyby. U n kterých profil (nap . Antýgl) dochází v p ípad p evád ní na pr tok k problém m s nedostatkem m ení. Je dostupno jen n kolik konsumpcí, což není dosta ující pro vytvo ení k ivky.

6.3 Charakteristiky povodí

Pro charakterizování podobností i rozdílností mezi jednotlivými povodími bylo pot eba získat informace o jejich stavu a charakteru. Pro v-echna povodí byla pomocí programu ArcGIS a geoportálu CENIA získána geologická a p dní data. V programu ArcGIS byl také pro jednotlivá povodí vytvo en digitální model terénu, ze kterého byl následn vytvo en i model sklonitosti terénu a vypo ten pr m rný sklon povodí. Z databáze DIBAVOD (digitální báze vodohospodá ských dat) byly získány vrstvy mok ad a vodních tok . Z vrstvy vodních tok byla následn vypo ítána délka a hustota í ní sít .

Zdravotní stav lesa byl posuzován na základ ortofotomap z geoportálu CENIA. V programu ArcGIS byl les rozd len na plochy lesa zdravého, mladý les, bezlesí, po-kozený les a mrtvý les. Jako mladý les byl ozna en rostoucí les, ásto se vyskytující i po disturbancích. Jako bezlesí byly ozna eny plochy zcela bez stromového pokryvu i lov kem upravené plochy v t-ích rozm r (silnice, lesní cesty).

6.4 Zpracování dat

Z modelových povodí byla vybrána k analýze jen t i povodí. Jedná se o povodí B eznického potoka, Javo ího potoka a Pta ího potoka. V-echny vybrané profily leří v blízkosti mostk , takže je jejich tok v míst m ení um le upraven. V p ípad

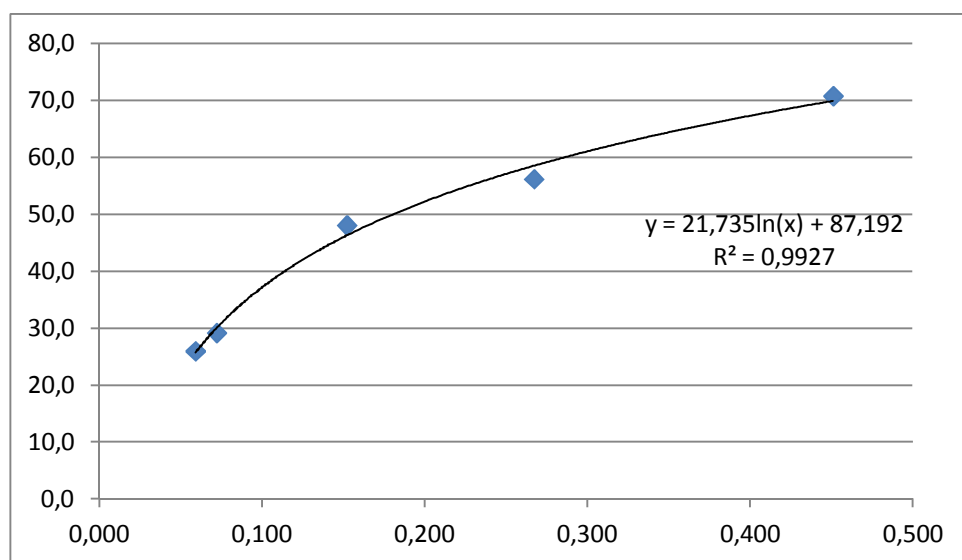
...m eno afl za mostkem, zatímco Pta í potok se m í
...e také pon kud jiný zdravotní stav lesa. Povodí
B eznického potoka pokrývá les téměř zni ený, v povodí Javo ího potoka po-kozený a
na území povodí Pta ího potoka je les zcela zdravý a zcela zni ený. K t mto t em
povodím by se pro srovnání velmi hodilo i povodí Antýglu, kde se také m rný profil
vyskytuje hned za mostkem. Navíc zde p evládá zdravý les a jako jediné z modelových
povodí je využíváno i k t flb d eva, jak ji fl bylo zmi ováno vý-e. Bohužel, je tento
profil pon kud odlehlý od ostatních modelových povodí a nebyla pro n j získána
vhodná srážková data. P i rozd lení do Thiessenových polygon ů sice oblast spadala pod
stanici Pta í potok, ale zde se ji fl jedná o tak velkou vzdálenost, a dokonce i vý-kový
rozdíl, fle se nedá nadále p edpokládat shoda pr b hu srážky v povodí s pr b hem
srážky v oblasti srážkom rné stanice. Dal-ím d vodem, pro nemohl být profil Antýgl
za azen mezi porovnávané je nedostatek konsump ních bod ů na toku.

Srážková data z asového rozp tí kv ten 2010 afl listopad 2011 byla vybírána
tak, aby bylo rozložení srážek mezi stanicemi B eznický potok, Rokytk a Pta í potok
pokud mo flno rovnom rné. Z vyhovujících dat byly vybrány t i srážkové situace
vystihující krátký silný dé- , déletrvajících dé- a období sucha. Vzhledem ke krátké
datové ad ze srážkom rné stanice na Pta ím potoce (od ervence 2011), nebyla
nalezena situace odpovídající déletrvajícím de-ti na v-ech t ech stanicích. Byla tedy
pou flita srážková situace z d ív j-ího období, a jeliko fl se stanice nenacházejí daleko od
sebe, ani nele flí za h ebenem, byla pro Pta í potok podle rozd lení Thiessenovými
polygony pou flita srážková data ze stanice B eznický potok. Nakonec tedy byly zvoleny
srážkové situace za dny 2. ó 3. 6. 2010, 5. 9. 2011 a za suché období 21. 9. ó 6. 10.
2011.

Vý-ky hladin nejsou pro porovnávání jednotlivých profil ů p íli- vhodným
ukazatelem. Jeliko fl jsou profily jednotlivých tok ů rozdílné, reaguje ka fldý tok na
stejnou srážkovou situaci jinak. Pro t i vybrané profily proto byly získány konsumpce a
vytvo eny konsump ní k ivky. Pro B eznický potok byla z p ti konsump ních bod ů
vytvo ena konsump ní k ivka (obr. 26) a dle její rovnice byly následn p evedeny
hodnoty vodních stav ů na hodnoty pr toku b hem v-ech t ech zvolených období.
Pou flité konsumpce pochází z asového období 26. 8. 2008 ó 16. 1. 2011.

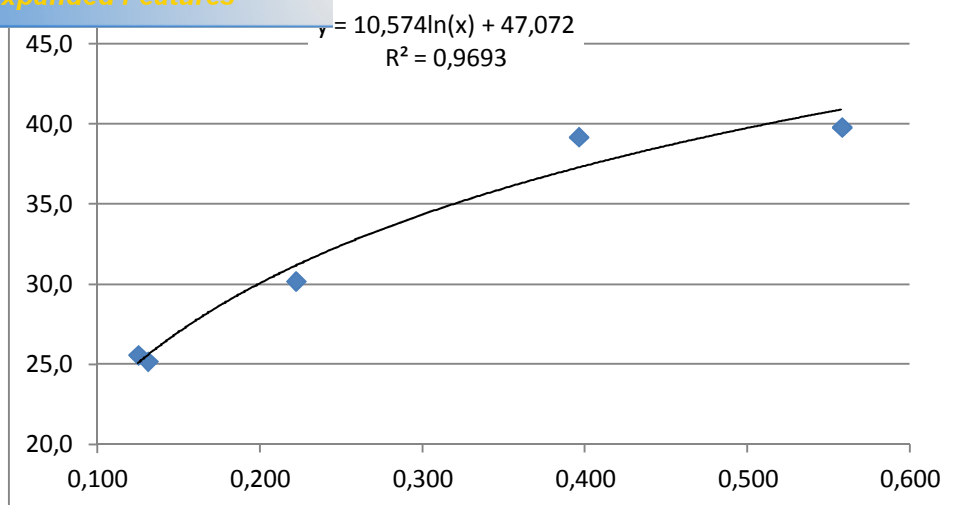
Z pr b h konsump ních k ivek lze sledovat rozdílnost mezi k ivkami u potoka
B eznického a Javo ího a k ivkou Pta ího potoka. Zatímco první dv vyjad ují funkci

n potoce je funkcí exponenciální. Tento rozdíl je jednotlivých profilů. V případě B eznického a Javořího potoka se měrný profil nachází za mostkem. Výška hladin je tedy během průtoku usměrňována, protože v daném bodě se nemá vodní tok kam rozlévat. Měrný profil Ptařího potoka je umístěn naopak ještě před vstupem toku pod mostek. Vodní tok se tedy může během zvyšování průtoku rozlévat do okolí. Pokud se tedy hladiny zvednou o stejný počet centimetrů jako u předchozích dvou toků, znamená to v případě Ptařího potoka daleko větší zvýšení průtoku než u nich.



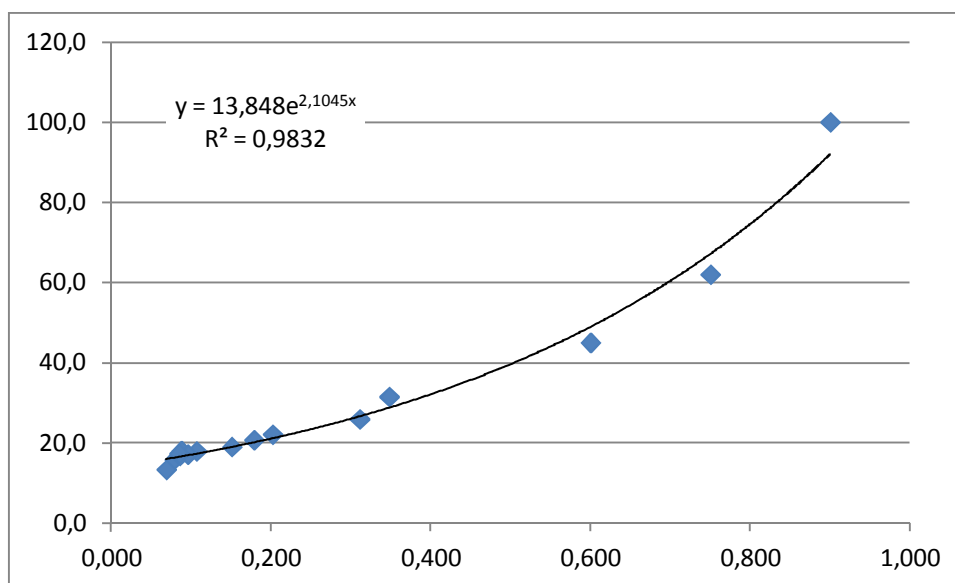
Obr. 26 ó Konsumpční křivka pro B eznický potok

Pro Javoří potok byla konsumpční křivka a její rovnice (obr. 27) vypočítána z pěti konsumpčních bodů. Ty pocházely z období 26. 8. 2008 až 10. 5. 2012, Prostednictvím rovnice konsumpční křivky byly provedeny hodnoty výšek hladin na hodnoty průtoků.



Obr. 27 ó Konsump ní k ívka pro Javo í potok

Pro Pta í potok je k dispozici na rozdíl od p ede-lých dvou hned patnáct konsumpcí. Ty byly po izovány jifl od roku 2006. Patnáct konsump ních bod ů bylo op t prolofeno regresní p ímkou a pomocí rovnice této p ímky (obr. 28) byly i u Pta ího potoka hodnoty vý-ek hladin p evedeny na pr toky.

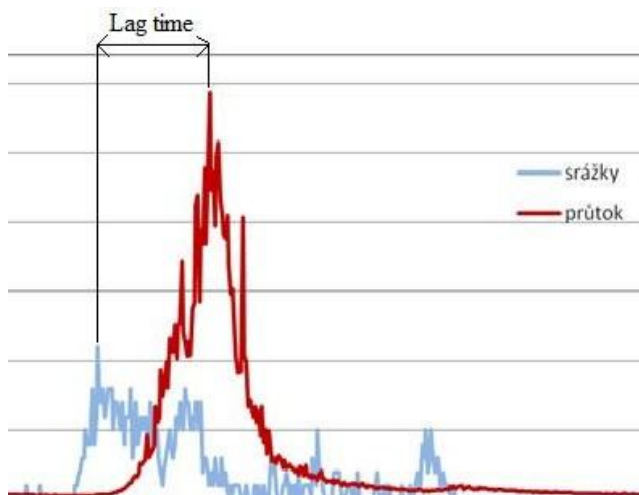


Obr. 28 ó Konsump ní k ívka pro Pta í potok

Pro zpracování dat byla poufita metoda založená na porovnání pr b hu a velikosti srážky a nár stu pr toku. Byly porovnávány chování a reakce vybraných

ce. U odtok byl sledován lag time a délka trvání

Lag time (obr. 29) je charakteristika, která udává dobu zdržení odtoku. Popisuje tedy dobu mezi maximem srážky a maximem odtoku. Doba zdržení odtoku má řadu vlivů, jako například velikost a tvar povodí, topografie povrchu, sklon svahů, vegetace a charakter srážky (Simas a Hawkins, 1998). Výška vlny je rozdíl mezi maximem vlny a linií průměrného průtoku.



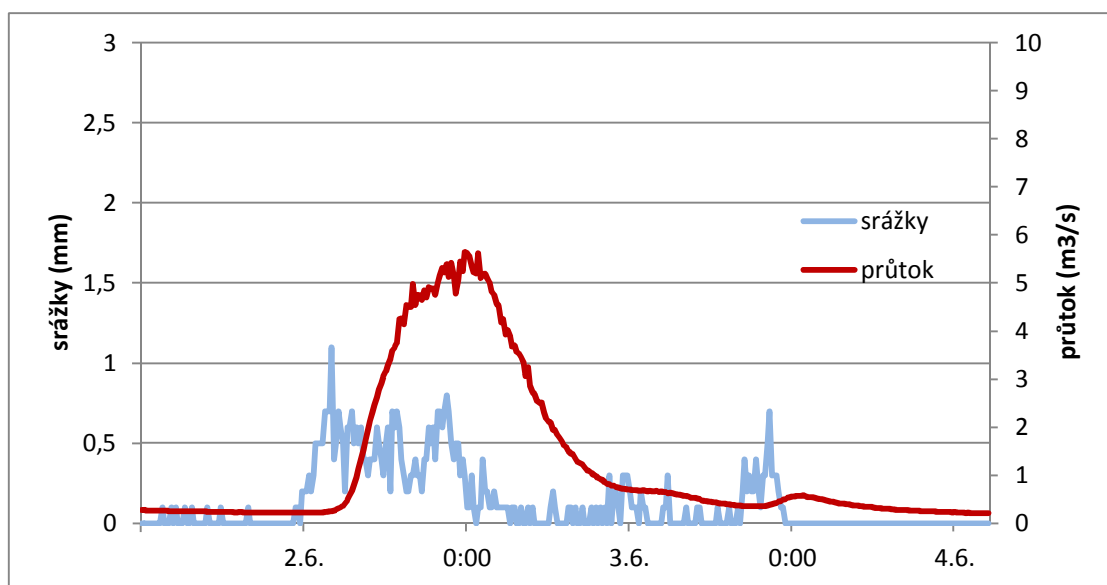
Obr. 29 o Lag time

Pro analýzu povodí byla použita jednoduchá porovnávací studie. Problémy při srovnávání reakcí jednotlivých povodí na dané srážkové situace mohou nastat kvůli rozdílným vlastnostem jednotlivých povodí.

7.1 Srážková událost ve dnech 2. a 3. 6. 2010

Srážková událost ve dnech 2. a 3. 6. 2010 je příkladem déletrvající srážky, během které desetiminutové úhrny nepřesahovaly 1,2 mm. Pro povodí Ptačího potoka byla vzhledem k absenci vlastních srážkových dat použita data ze srážkoměrné stanice Běznického potoka. Tato srážka měla stejný průběh na všech těchto povodích, přičemž ve všech případech začaly srážky vypadávat kolem poledne 2. 6. a přestaly těsně před polední mezi dny 3. a 4. 6. 2010.

V povodí Běznického potoka dosáhly srážky svého maxima 3. 6. ve 14:00. Toto maximum bylo ale následováno obecnými zvýšenými hodnotami srážek přetrvávajícími až do 23:20. Nárůst průtokové vlny (obr. 30) započal již po 15:00, ale svého maxima dosáhla až ve 23:50. Lag time byl tedy 9 hodin a 50 minut. Na svůj obvyklý průtok se Běznický potok navrátil až 4. 6., ve 14:30.

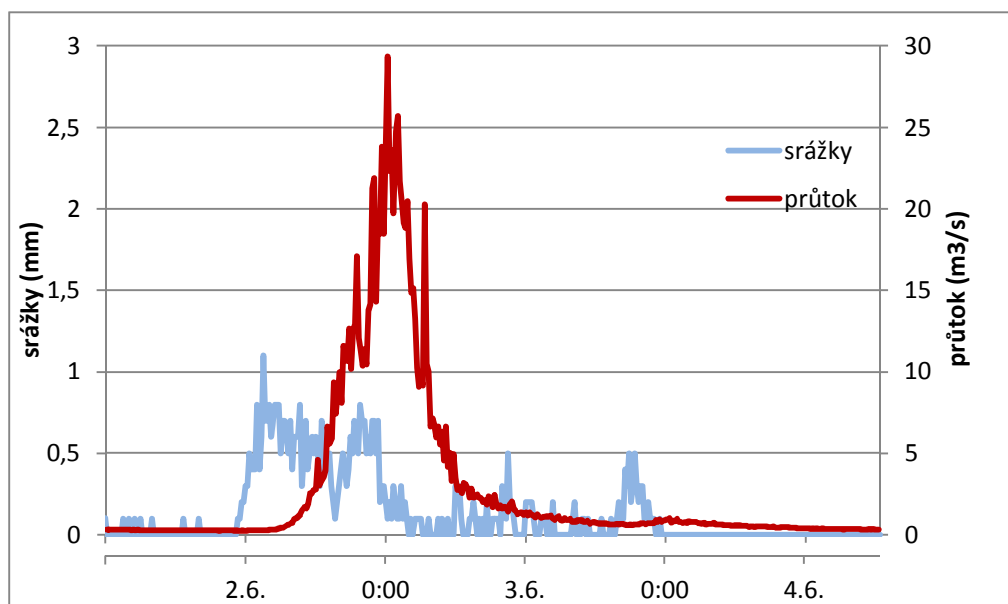


Obr. 30 Graf srážkové události 2. a 3. 6. a její odezvy v Běznickém potoce

V povodí Javošického potoka srážky dosáhly svého maxima 2. 6. ve 13:30 a opět byly až do 23:20 následovány obecnými zvýšenými hodnotami srážek. Nárůst

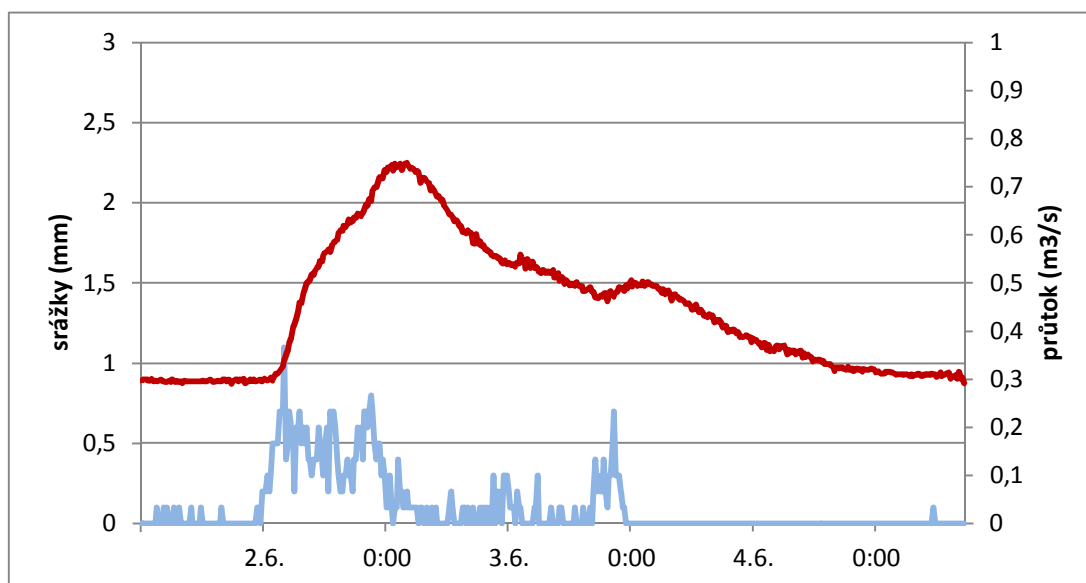
to p ípad prud-í a vlna vykazuje vysokou -pi atost. I
 afl 3. 6. v 0:10. Lag time je tedy 10 hodin a 40 minut.

Na sv j p vodní pr tok se hodnoty Javo ího potoka navrací 4. 6. v 18:20.



Obr. 31 ó Graf srážkové události 2. ó 3. 6. a její odezvy ó Javo í potok

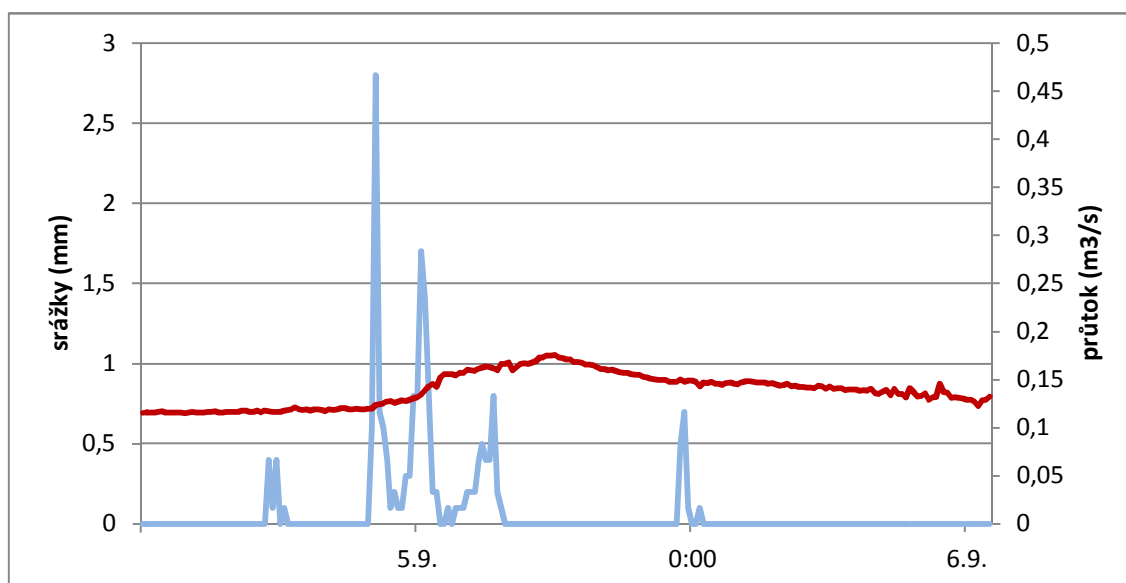
I v povodí Pta ího potoka (obr. 32) dosahovaly srážky maxima ve 14:00 a op t
 byly následovány dal-ími pom rn vysokými úhrny. U Pta ího potoka lze pozorovat
 pozvoln j-í nár st pr tokové vlny, která dosáhla svého maxima 3. 6. v 2:00. Lag time
 byl tedy 12 hodin. Ke svým p vodním hodnotám pr toku se Pta í potok navrací afl 5. 6.
 v 9:00.



Obr. 32 ó Graf srážkové události 2. ó 3. 6. a její odezvy ó Pta í potok

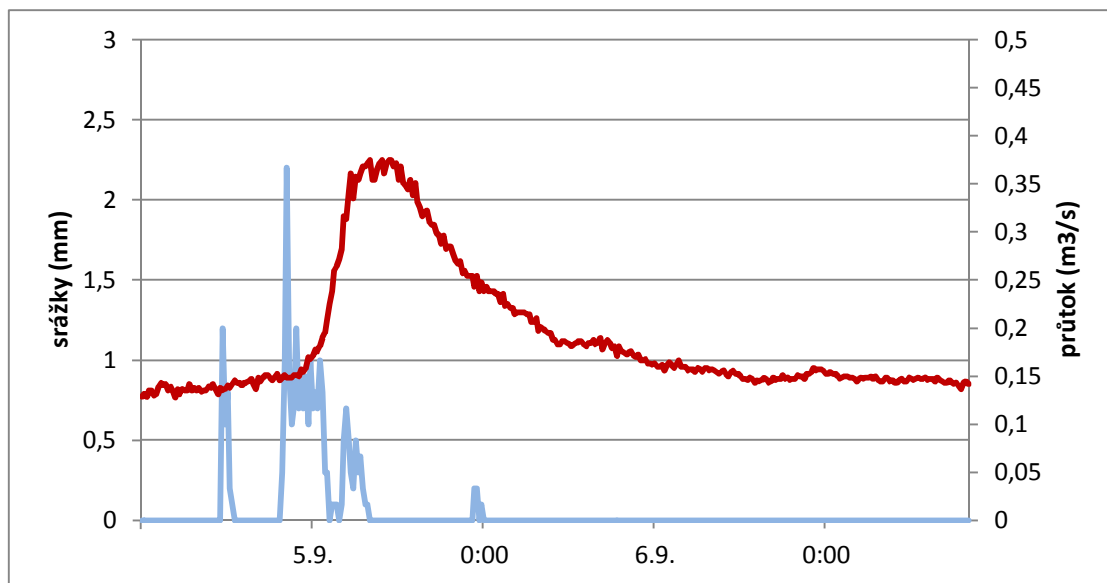
Sráfková událost ze dne 5. 9. 2011 je příkladem krátké, ale vydatné srážky. Desetiminutové úhrny dosahovaly například na B eznickém potoce hodnoty blízké 3 mm. Srážky nebyly na všech těchto povodích naprosto rovnoměrné, například na B eznickém potoce měla srážková událost v této intenzitě nejlépe na potoce Ptáček. V případě této události byla pro každé povodí použita jiná srážkoměrná stanice, která byla volena podle spádovosti povodí do vytvořených Thiessenových polygonů. U této srážky je nutno poznamenat, že jí na všech povodích předcházelo několikadenní období sucha. Proto v povodích tedy byly vysušené a mohly tak během události infiltrovat více vody.

V povodí B eznického potoka byla srážková událost nejintenzivnější a byl zde zaznamenán nejvyšší desetiminutový úhrn z celé události: 2,8 mm. Tohoto maxima bylo dosaženo 5. 9. v 10:10. Navzdory tomu srážkám reaguje povodí rovnoměrně. Průtokové maximum nastává 5. 9. v 17:00, lag time je tedy 6 hodin a 50 minut. Nárůst průtokové vlny je pomalý a na svou průvodní hodnotu se průtok vrací 6. 9. ve 22:40 (obr. 33). Vzhledem k předchozímu několikadennímu období bez srážek je možné předpokládat, že pokud v povodí B eznického potoka, která je bez výraznějšího vegetačního pokryvu, bude vyprázdňena nejlépe na ostatních povodích krytých stromovým patrem. Proto je možné, že zdejší povodí má v této schopnost intercepce nejlépe na jiných povodích, tudíž je odtok z tohoto povodí menší než z nich.



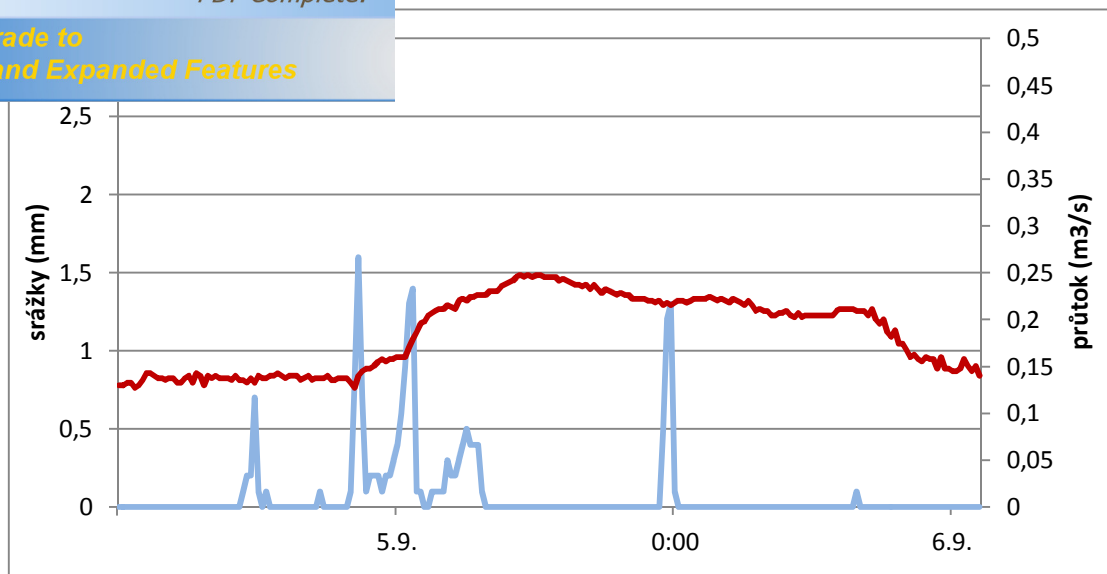
Obr. 33 Graf srážkové události 5. 9. a její odezvy v B eznickém potoce

zaznamenalo maximum srážek 5. 9. v 10:10, tedy ve stejný čas jako povodí potoka B eznického. Zde se jednalo o desetiminutový úhrn 2,2 mm. Tento úhrn byl ale na rozdíl od jiných povodí následován několika dalšími silnými. Průtoková vlna kulminovala téhož dne v 16:00. Lag time byl tedy 5 hodin a 50 minut. Vlna měla opět rychlý nástup. Na svou povodňovou hodnotu se průtok Javořího potoka vrátil 7. 9. v 10:00 (obr. 34).



Obr. 34 Graf srážkové události 5. 9. a její odezvy Javořího potok

Na povodí Ptařího potoka bylo maximum srážek dosaženo 5. 9. v 10:20. Srážky zde dosahovaly poněkud menší intenzity než na ostatních povodích, takže toto maximum má hodnotu pouze 1,6 mm. Průtok dosahuje svého maxima v 17:20. Lag time je tedy 7 hodin. Nástup průtokové vlny je velmi pozvolný, stejný jako její odezva. Na svou povodňovou hodnotu se Ptaří potok navrací 6. 9. ve 13:10 (obr. 35).

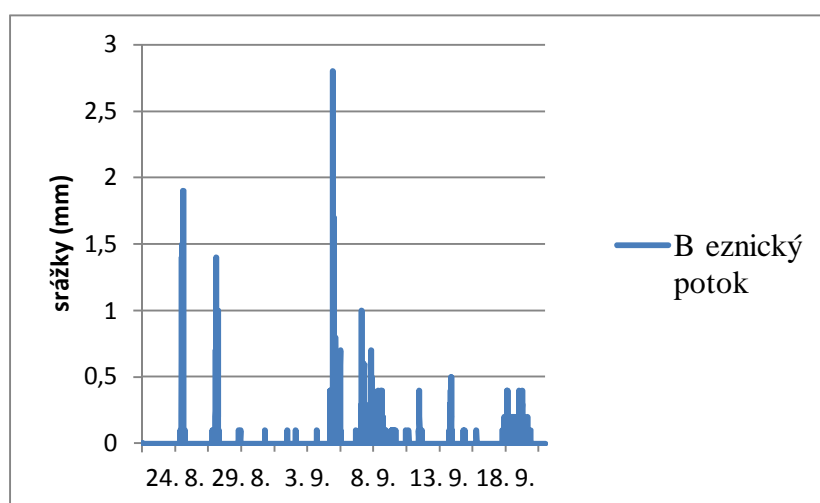


Obr. 35 Graf srážkové události 5. 9. a její odezvy Pta í potok

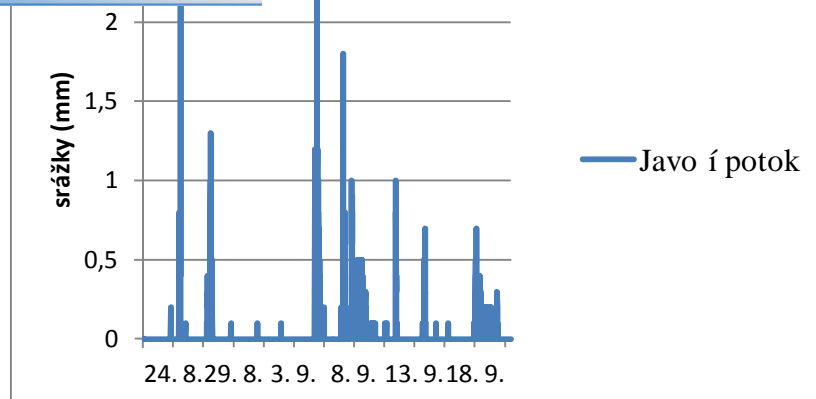
7.3 Období sucha 21. 9. ó 6. 10. 2011

Období od 21. 9. do 6. 10. 2011 charakterizuje déletrvající období sucha, ve kterém se nevyskytují téměř žádné srážky. Pokud se na povodí srážky vyskytnou, jedná se jen o drobné srážky, jejichž desetiminutové úhrny nepřekroují 0,1 mm. Jelikož se jedná o období sucha a není sledováno, za jakou dobu se průtok vrátí zpět na svou povodní hodnotu, je v tomto případě období pozorování všech povodí uceleno na stejnou dobu. V tomto období již teploty v oblasti klesají během noci pod bod mrazu.

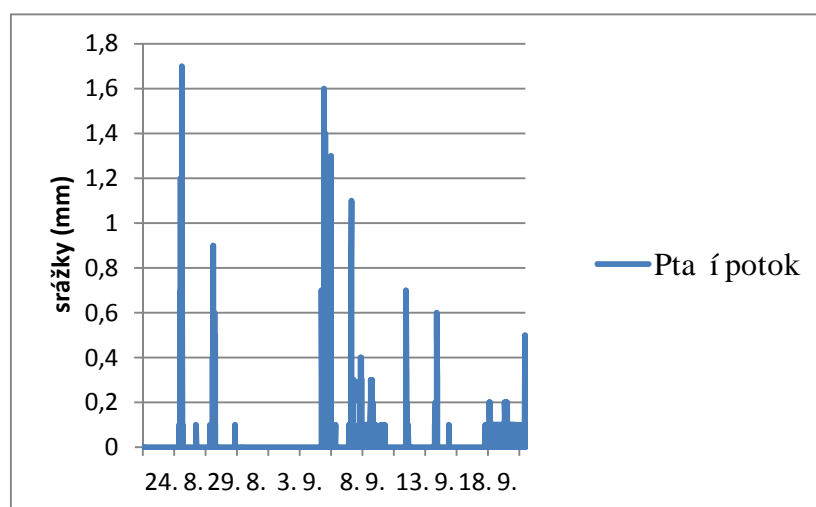
Z obrázků 36, 37 a 38 lze sledovat srážky, které předcházely tomuto období sucha pro jednotlivá povodí a zhodnotit tak jejich rozdílnou nasycenost.



Obr. 36 Graf rozložení srážek 22. 8. ó 21. 9. 2011 na povodí B eznického potoka



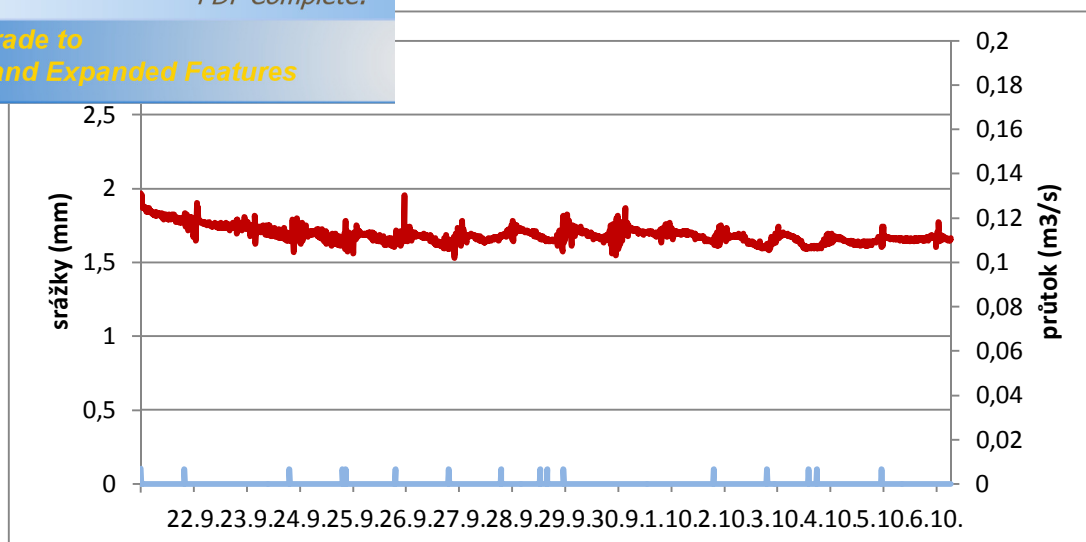
Obr. 37 ó Graf rozložení srážek 22. 8. ó 21. 9. 2011 na povodí Javořího potoka



Obr. 38 ó Graf rozložení srážek 22. 8. ó 21. 9. 2011 na povodí Ptařího potoka

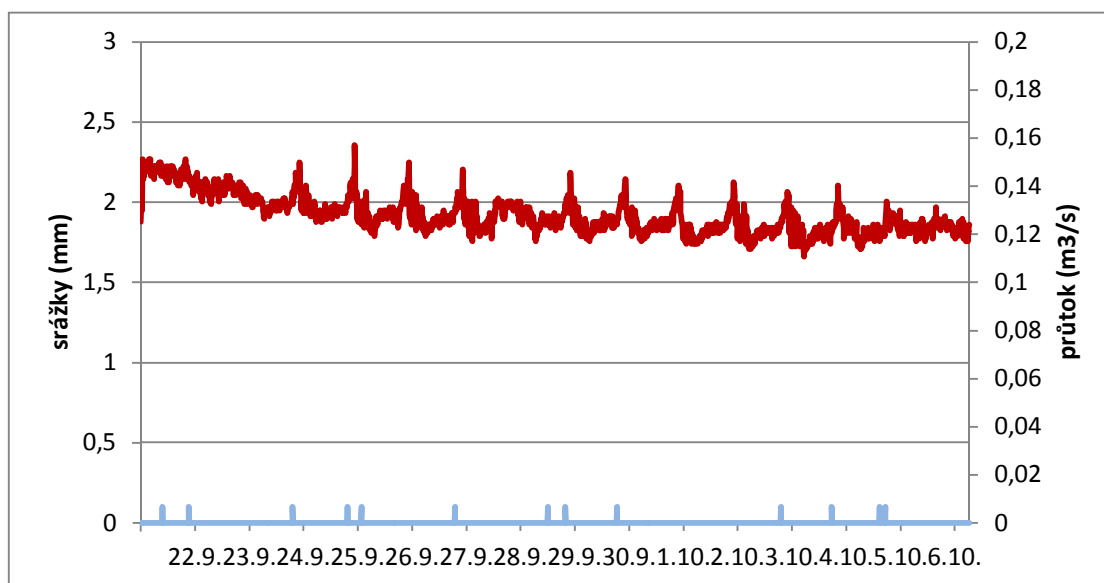
Rozložení srážek bylo b hem p edchozího m síce tém rovnom rné pro v-echna sledovaná povodí. Po vypo tení srážkového úhrnu pro toto období bylo zji-t no, že nejv t-í srážky zaznamenalo povodí Javořího potoka a naopak nejmen-í povodí potoka Ptařího.

Povodí B eznického potoka je i v tomto ur eném období sucha ovliv ováno srážkami nejvíce ze v-ech t ech povodí. Jelikož byl v-ak na povodí b hem patnácti sledovaných dn zaznamenán úhrn srážek pouze 1,6 mm, nejsou tyto srážky brány v úvahu. Pr tok potoka je po celou sledovanou dobu velmi vyrovnaný a klesá postupn a jen pomalu (obr. 39).



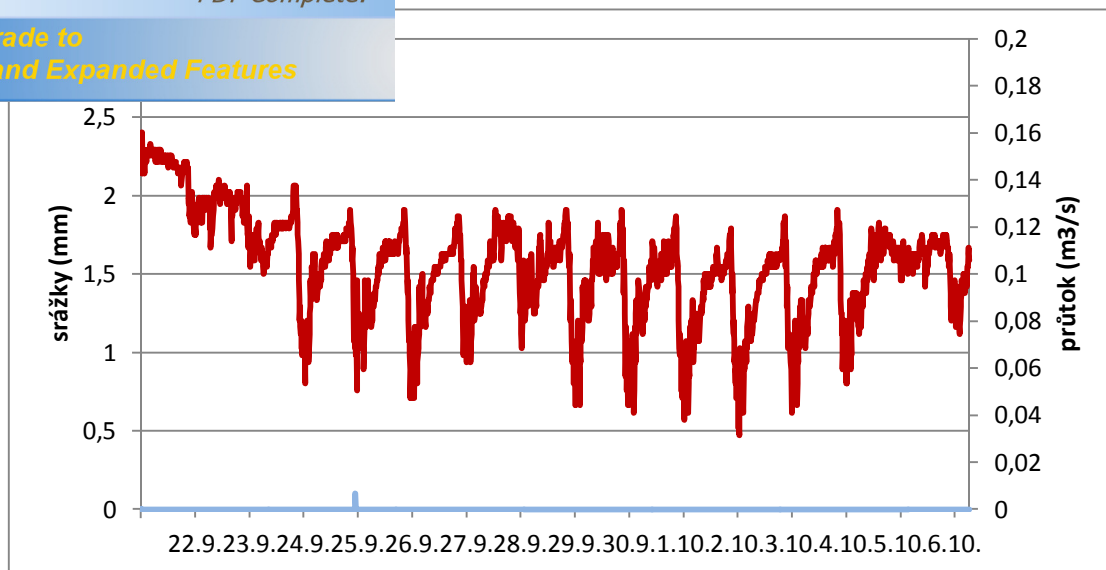
Obr. 39 Graf období sucha 21. 9. ó 6. 10. a jeho odezvy ó B eznický potok

V povodí Javo ího potoka byl b hem sledovaného období zaznamenán úhrn srážek 1,3 mm. Pr b h pr tok je celkem ustálený, ale lze sledovat jeho rozkolísanost b hem dne. I ta v-ak s poklesem pr toku klesá (obr. 40).



Obr. 40 Graf období sucha 21. 9. ó 6. 10. a jeho odezvy ó Javo í potok

Povodí Pta ího potoka zaznamenalo b hem tohoto suchého období srážkový úhrn pouhých 0,1 mm. Hodnoty pr toku zpo átku klesají rychle, postupem ásu ale tato rychlost klesá. U pr toku lze sledovat velkou denní rozkolísanost, p i emfl minim je dosahováno b hem poledne (obr. 41).



Obr. 41 Graf období sucha 21. 9. a 6. 10. a Ptaří potok

S počátkem noci, během kterých kolísaly teploty kolem bodu mrazu (od 24. 9.), lze z porovnávaných grafů vysledovat rostoucí denní rozkolísanost průtoku. Lze říci, že se tato rozkolísanost zvyšuje se zlepšujícím se zdravotním stavem vegetace.

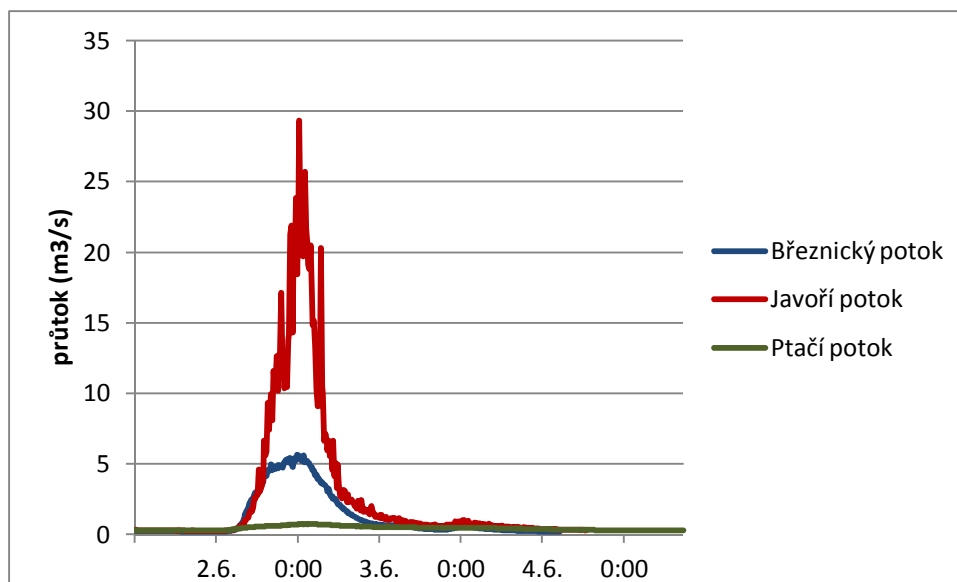
7.4 Shrnutí výsledků

Pro zjištění reakce jednotlivých povodí na určené vybrané srážkové události bylo využito jednoduchého porovnání průtokových křivek daných povodí. Jihl pro začátek je ale třeba poznamenat, že zkoumaná povodí nebyla naprosto totožná, takže je odtok ovlivován více atributy, nejen rozdílností vegetačního krytu.

V případě srážkové události charakterizující déletrvající déšť z 2. a 3. 6. 2010 je chování jednotlivých vodních toků poměrně rozdílné. Nástup průtokové vlny byl v případě Běznického a Javořího potoka velmi prudký, zatímco v povodí Ptařího potoka byl oproti předchozím dvakrát podstatně pozvolnější (obr. 42). Lag time jednotlivých povodí se dá srovnat se zdravotním stavem vegetace. Nejkratší na Běznickém potoce, kde je les naprosto zničený je následovaný potokem Javořím, jehož povodí je pokryto převážně poškozeným a zničeným lesem. Lag time je nejdelší u Ptařího potoka, kde dosahuje 12 hodin. Stejně rozložený mezi povodími jako u lag time lze sledovat i u času návratu průtoku na původní úroveň. Vodu ve svém povodí nejdéle zadržuje Ptaří potok, u něhož se průtok vrací na svou původní úroveň až 5. 6.,

o potoka je tomu tak jifl o den d íve. Nejmén je voda
o potoka.

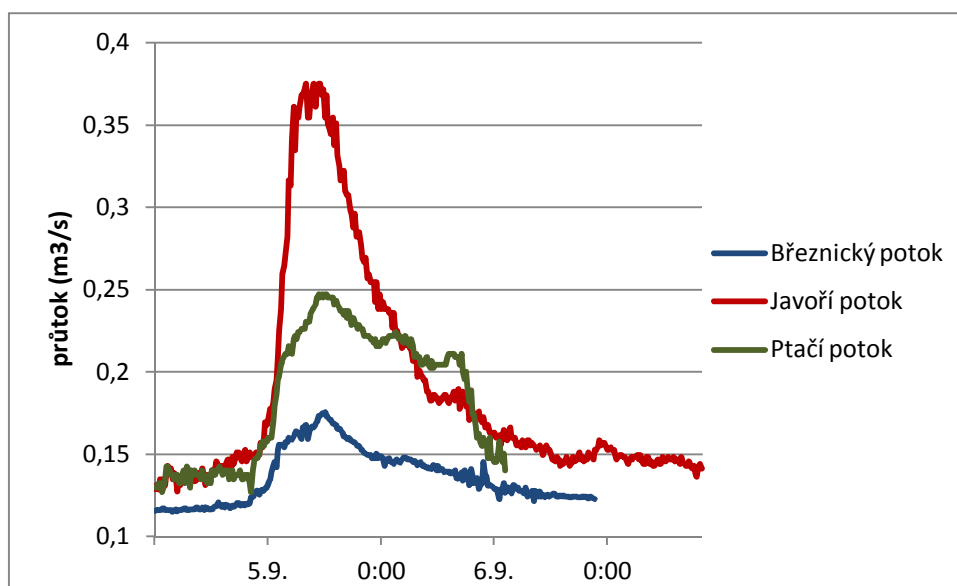
Jelikořl vybraná povodí nebyla shodná ve v-ech charakteristikách, nelze posuzovat rozdíly ve vý-kách odtokových vln. Vlna Javo řho potoka dosahuje nejvy-ích vý-ek hlavn díky velikosti jeho povodí. To je tém dvakrát v t-í neřl povodí potoka B eznického. Na povodí tedy spadne celkov v t-í úhrn sráflek a díky tomu má i odtoková vlna vy-í hodnoty. Vzhledem k tomu, řle v tomto období je-t nebyla v provozu sráfkom rná stanice na Pta řm potoce, bylo povodí Pta řho potoka po rozd lení Thiessenovými polygony posuzováno na základ pr b hu sráflek na B eznickém potoce. Tato data v-ak nemusí být jist p esná. Nelze tedy p esn íci, zda zde pr tok dosahuje tak malého zvý-ení díky vegeta nímu krytu, í zde byla sráfka mén vydatná. Pr b h odtokové vlny v-ak lze sledovat vý-e, na obrázku 31.



Obr. 42 ó Graf pr tok b hem sráfkové situace 2. ó 3. 6. 2010

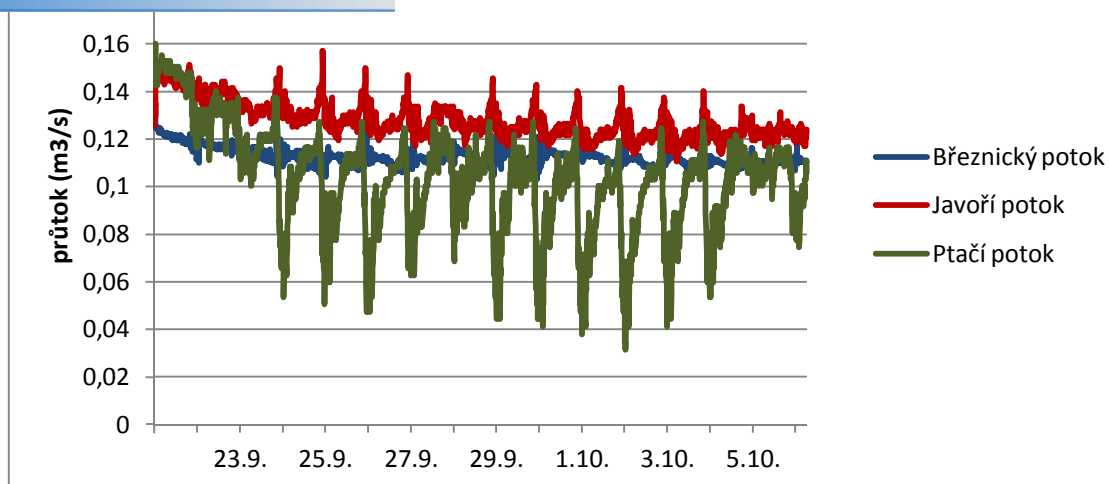
Sráfková situace ze dne 5. 9. 2011 charakterizovala krátkou intenzivní sráfku. Nejrychlej-í nár st má pr toková vlna na Javo řm potoce. U toho byl pozorován i nejkrat-í lag time, ale také nejdel-í doba návratu pr toku na p vodní úrove . To m řle být zp sobeno pon kud intenzivn j-í sráfkou v této oblasti neřl u zbylých dvou povodí. I v tomto p ípad nastává rozdíl ve vý-kách odtokových vln v závislosti na rozdílne velikosti jednotlivých povodí. P í porovnání reakce B eznického a Pta řho potoka, kde byly sráfky vyvářlené, byl zaznamenán krat-í lag time op t u potoka B eznického. Zárove se ale pr tok navrácí na své p vodní hodnoty d íve u potoka Pta řho, u kterého

velmi rychlý pokles hodnot průtoku k předvodnímu (obr.



Obr. 43 Graf průtoků během srážkové situace 5. 9. 2011

Období sucha 21. 9. až 6. 10. se vyznačuje velmi malými i téměř žádnými úhrny srážek. Pokud se v oblasti sledovaných povodí srážky vyskytly, jednalo se o tak nepatrné úhrny, že nebyly brány v potaz. U průtoků jednotlivých profilů lze sledovat jejich rozdílnou rozkolísanost během dne. Březnický potok má po celou dobu vyrovnaný průtok, u kterého lze zaznamenat pomalý a pravidelný pokles. Denní výkyvy v hodnotách průtoku jsou u něj téměř zanedbatelné. Více se tyto výkyvy začínají projevovat u průtokové křivky potoka Javořího. Nejméně vyrovnaný průtok s obrovskými rozdíly během dne lze sledovat na průtoku Ptačího potoka (obr. 44). Po ústupu těchto změn v průtoku koresponduje s poklesem nočních mrazů. Od 24. 9. lze tedy sledovat nejen noční i ranní teploty pod bodem mrazu, ale také tyto rozkolísanosti. Stálá vyrovnanost a jen postupný pokles hodnot průtoku u Březnického potoka lze vysvětlit rychlejším rozmrazáním zdejšího údolí, která není kryta stromovým patrem a dopadá na ni přímé sluneční záření. Rozkolísanost u povodí by se tedy dala vysvětlit rozdíly rychlostí tání vody, která během ranních hodin může zamrznout v pádu. Tato rychlost roztávání je způsobena různým podílem dopadajícího slunečního záření. Tento podíl může být ovlivněn především zastíněnými oblastmi vegetací.



Obr. 44 ó Graf průtoků během období sucha 21. 9. až 6. 10. 2011

Vlivem lesních disturbancí a s nimi spojenými změnami vegetačního pokryvu území a vlivem umělého odvodnění na odtok vody z něj se zabývalo mnoho českých i zahraničních autorů. Ve většině těchto případů se jedná o případové studie z modelových povodí.

Z českých autorů se touto problematikou zabýval například Krejčí (1959), který zkoumal změny odtoku z povodí v závislosti na změnách lesnatosti v povodí Rájeckého potoka. Ve své studii dospěl k názoru, že s nárůstem lesnatosti území postupně klesal specifický odtok z něj. Při zkoumání vlivu lesnatosti během suchého období dospěl k názoru, že nejmenší pokles specifického odtoku z území nastává při 66% zalesnění, zatímco při 100% zalesnění odtok klesá rychleji nežli v případě území téměř nezalesněného.

Bíba a kol. (2001) zkoumali vliv vegetačních změn na odtoky dvou zalesněných horských povodí v oblasti Beskyd. Porodním hlavním porostem obou povodí byl buk, jehož podíl však v jednom z povodí postupně klesal a hlavní dřevinou se staly smrkové porosty. U povodí, ve kterém převládal smrk, byl zjištěn nárůst průtoků, zatímco u povodí s bukovým porostem k takovému nárůstu nedošlo. Při porovnání hydrogramů obou povodí dospěli k názoru, že bukové porosty způsobují zkrácení vzestupné větve hydrogramu.

Soukup a kol. (2003) zkoumali zásuvné řady průtoků Cerhovického potoka, jehož povodí bylo na 16 % plochy odvodněno trubkovou drenáží. Během výzkumu byl posuzován podíl drenážních systémů na celkovém odtoku a bylo zjištěno, že významnou část z odtoku tvoří odtok drenážemi hlavně během suchých období (přes 50 %) a při menších povodňových situacích. Naopak během velkých povodňových situací je vliv drenáží na odtok téměř zanedbatelný.

Na území centrální Třemavy zkoumala vliv zdravotního stavu lesa na odtok z území Bartáková (2011), která pomocí shlukové analýzy zkoumala podobnost jednotlivých povodí na základě fyzicko-geografických charakteristik. Dospěla k názoru, že vliv zdravotního lesa na odtok je přímo úměrný extremitě srážky.

Ve své tvé literatuře publikoval Iroumé (2005) svou práci, v níž zkoumal vliv odlesnění na odtokové poměry na čtyřech malých povodích s různým stavem vegetačního porostu. Vegetace byla měněna na jednom z povodí a následné změny

Metody podvojných součtových ar. Ke kontrole byla
teré b hem sledovaného období zm namí vegeta ního
krytu nepro-ílo.

Podle Ka oka (1997) nelze vliv hospodá ské ínnosti v zalesn ném povodí na
odtok zobec ovat. Výsledky jsou ve v t-ín p ípad nejednozna né a diskutabilní a je
pravd podobné, íle závisí jen na místních podmínkách a na metodice zkoumání.

P í porovnávání zkoumaných povodí lze vysledovat del-í dobu zadrílení vody na
povodí, které je pokryto lesním porostem neí na povodí s lesem velmi po-kozeným í
mrtvým. Výsledné k ívky pr tok ív-ak nelze porovnávat ve v-ech pohledech.

Jelikoí sledovaná povodí nebyla naprosto totoííí, dochází zde k ovlivn í
odtoku hned n kolika atributy a ne jen rozdílností zdravotního stavu lesa jak by bylo
ideální. Povodí nemají zcela stejné geologické podloíí, typy p íd ani rozlohu. Povodí
Javo ího potoka je plo-n nejv í-í, tudíí i za p edpokladu stejné sráfíkové situace na
v-ech povodích zaznamená nejv í-í úhrn sráfílek, který povede í k nejv í-ímu zvý-ení
pr toku. Jíí z tohoto ívodu nebyla í hem srovnávání jednotlivých povodí brána
v potaz vý-íka povod ívé vlny, ale pouze její pr íb í. Krom rozdílnosti rozloh nemají
sledovaná povodí ani totoííí pr ím íný sklon.

Ke zvoleným povodím by byl pro srovnání velmi vhodný profil Antýíí, který
leíí jako jediný mimo bezzásahovou zónu NP a aktivn ív ím probíhá í ííba í íeva. Jak
jíí bylo í eno, pro tento profil bohuíel existuje jen velmi krátká datová íada, která by
pokryla jen málo sráfíkových situací. Navíc je Antýíí celkem odlehlý od ostatních
modelových povodí, takíe pouíít pro í í dostupná sráfíková data by nebylo vhodné. Pro
dal-í výzkum v tomto povodí by tedy bylo vhodné zapojit mezi sráfíková data í íady ze
sráfíkom íru na Modrav í. Ten ív-ím zatím nebylo íoííí pouíít, jelikoí í byl uveden do
provozu aíl nedávno.

Pro posouzení vlivu lesního managementu na odtok vody schází pro záíímová
území pot íbná data. A íolív jsou odvod ívací systémy íeské republiky velmi dob íe
zmapovány Výzkumným ústavem vodohospodá ským T. G. Masaryka v Brn í, jedná se
v í-íínou o zem í íské oblasti í íedních íech. Pro oblast centrální í ííavy takováto
data íém íeexistují, í í í esto, íle zde í-í í í ílíí-í í íla v minulosti výrazn
odvod ívána. Data, která pro tuto oblast existují, jsou neucelená a nekompletní. Do
budoucna by bylo vhodné zmapovat a ííigitalizovat í í í íé drenáííí systémy v í íto

n výzkum jejich vlivu na odvodnění odtoku z tohoto

Vzhledem k velmi krátké teplotní datové řadě Ptařího potoka se velkým problémem stal výběr období sucha. Z dostupných hodnot nebylo nalezeno žádné období, které by se vyznačovalo minimem ať absence srážek alespoň po pár dní a zároveň splnilo podmínku, že během něj noční teploty neklesají pod bod mrazu. Z tohoto důvodu bylo použito období na přelomu září a října, kdy sice již teploty pod bodem mrazu během noci klesají, ale z hlediska délky trvání je toto období sucha jedním z nejvhodnějších.

Při porovnávání kivek lze sledovat trend delší doby zdržení vody na povodí se zdravým vegetačním krytem. Ze zkoumaných povodí lze jako nejzdravější označit povodí Ptařího potoka. Z průtokových kivek lze u tohoto povodí vysledovat pomalejší nárůst průtokových vln, delší lag time a delší dobu zdržení vody na povodí. Naopak povodí s poškozeným i mrtvým lesem se vyznačují rychlým nástupem povodňové vlny, mají krátký lag time a na své průvodní průtokové hodnoty se ve většině případů vrací rychleji než průtoky v povodích s lesem zdravým.

U lesa mrtvého nedochází k zachycování srážek pomocí intercepce. Území je tedy vystaveno v plném množství dopadajících srážek nejen v lese zdravém. Vzhledem k absenci stromového krytu a v plném množství dopadajícího slunečního záření zde dochází během suchých období i ke zvýšenému výparu z půdy, a tudíž ke snižování obsahu vody v povodí. I mrtvý les však může zpomalovat povrchový odtok vody. Jako příklady pro odtok zde mohou sloužit padlé ležící stromy a nízká vegetace. Nejrychleji voda odtéká z bezlesných ploch.

Pokud jsou plochy bezlesé navíc antropogenně upravené, například zpevněné cesty, či například parkoviště, dochází ke snížení infiltrační schopnosti půdy a voda namísto vsaku odtéká po povrchu. Jelikož se takováto místa a zpevněné cesty vyskytují i v prvních zónách NP, mohou zde mít určitý vliv na odtokový proces.

Les je důležitým prvkem krajiny a má v ní mnoho funkcí. Mimo jiné má důležitou funkci ve srážko-odtokovém režimu, především tím, že napomáhá zvyšovat retenční schopnost krajiny. Studium vlivu odlesnění a jiných antropogenních ovlivnění krajiny na odtok vody z ní se zabývá mnoho českých i zahraničních studií. Jejich výsledky jsou ale nejednoznačné a v některých případech se i rozcházejí. I přesto ale většina z nich poukazuje na zjevný vliv podílu zalesnění na průběhu odtokového procesu. Tato práce je tedy jen dalším z pokusů o prokázání vlivu zdravotního stavu lesa a lesního managementu na odtokové poměry povodí.

Práce porovnává odtokovou odezvu povodí s různým zdravotním stavem lesa během těchto vybraných srážkových situací v letech 2010 a 2011. Během tohoto srovnávání odtokových vln lze sledovat rostoucí dobu zadržetí vody se zlepšováním se zdravotního stavu lesa na povodí během déletrvajících srážek. U srážek intenzivnějších jifi tento výsledek není tak jednoznačný. V případě období sucha lze sledovat rostoucí denní rozkolísanost průtoku se zlepšováním se zdravotním stavem lesa.

Přínosné pro povodí mohou být drenáže uzavřené, v oblasti NP Třemšínova se však nacházejí otevřené drenážní systémy, které ve většině případů odtok z území urychlují. Výjimkou jsou extrémní povodně, během nichž nebyl vliv na urychlení odtoku z povodí prokázán.

Obecně lze tedy říci, že zdravý les je vodu na povodí schopen zadržet na delší dobu než les zničený či bezlesí. Antropogenní zásahy nemusí být vždy jen nepříznivé, ale v případě drenážních systémů tomu tak ve většině případů je.

- Obr. 1 ó Třeba d'eva v NP Třemava
- Obr. 2 ó Vodní bilance lesa a holiny
- Obr. 3 ó Polom na Třemavě po vichřici Kyrill
- Obr. 4 ó Jehličky poškozené ozonem
- Obr. 5 ó Dospělý jedinec lýkořez smrkového a jeho poškození
- Obr. 6 ó Feromonový lapač
- Obr. 7 ó Schéma odtokového procesu
- Obr. 8 ó Podpovrchová voda
- Obr. 9 ó Území NP Třemava
- Obr. 10 ó Geologické poměry NP Třemava
- Obr. 11 ó Tabulka vybraných hodnot naměřených na stanici Chrástov v průběhu let 1956 a 1997
- Obr. 12 ó Druhové složení hlavního stromového patra
- Obr. 14 ó Profil Antýgl
- Obr. 15 ó Zdravotní stav lesa povodí Antýgl
- Obr. 16 ó Profil Běznického potoka
- Obr. 17 ó Zdravotní stav lesa v povodí Běznického potoka
- Obr. 18 ó Cikánský potok
- Obr. 19 ó Zdravotní stav lesa v povodí Cikánského potoka
- Obr. 20 ó Zdravotní stav lesa v povodí Černošského potoka
- Obr. 21 ó Zdravotní stav lesa v povodí Javošského potoka
- Obr. 22 ó Zdravotní stav lesa v povodí Ptašského potoka
- Obr. 23 ó Zdravotní stav lesa v povodí Roklanského potoka
- Obr. 24 ó Zdravotní stav lesa v povodí Tmavého potoka
- Obr. 25 ó Rozdělení povodí podle Thiessenových polygonů
- Obr. 26 ó Konsumpční kvóta pro Běznický potok
- Obr. 27 ó Konsumpční kvóta pro Javošský potok
- Obr. 28 ó Konsumpční kvóta pro Ptašský potok
- Obr. 29 ó Lag time
- Obr. 30 ó Graf srážkové události 2. a 3. 6. a její odezvy v Běznickém potoku
- Obr. 31 ó Graf srážkové události 2. a 3. 6. a její odezvy v Javošském potoku

sti 2. ó 3. 6. a její odezvy ó Pta í potok

sti 5. 9. a její odezvy ó B eznický potok

Obr. 34 ó Graf srážkové události 5. 9. a její odezvy ó Javo í potok

Obr. 35 ó Graf srážkové události 5. 9. a její odezvy ó Pta í potok

Obr. 36 ó Graf rozlofení srážek 22. 8. ó 21. 9. 2011 na povodí B eznického potoka

Obr. 37 ó Graf rozlofení srážek 22. 8. ó 21. 9. 2011 na povodí Javo ího potoka

Obr. 38 ó Graf rozlofení srážek 22. 8. ó 21. 9. 2011 na povodí Pta ího potoka

Obr. 39 ó Graf období sucha 21. 9. ó 6. 10. a jeho odezvy ó B eznický potok

Obr. 40 ó Graf období sucha 21. 9. ó 6. 10. a jeho odezvy ó Javo í potok

Obr. 41 ó Graf období sucha 21. 9. ó 6. 10. a jeho odezvy ó Pta í potok

Obr. 42 ó Graf pr tok b hem srážkové situace 2. ó 3. 6. 2010

Obr. 43 ó Graf pr tok b hem srážkové situace 5. 9. 2011

Obr. 44 ó Graf pr tok b hem období sucha 21. 9. ó 6. 10. 2011

- ALBRECHT, J. (1986): Tmava. Olympia, Praha, 379 s.
- AND RA, M. (2003): Tmava: p íroda, historie, flivot. Baset, Praha, 800 s.
- BAB REK, J. (2006): Pr vodce geologií Tmavy. eská geologická slufba, Praha, 118 s.
- BART KOVÁ, K. (2011): Vliv lesních disturbancí na dynamiku odtoku v oblasti centrální Tmavy. Diplomová práce, P F UK, Praha, 116 s.
- BENETM, J. (1996): Historie synantropní krajiny na eské stran Tmavy. Silva gabreta, . 1, s. 237 ó 241.
- BÍBA, M., CHLEBEK, A., JA ABÁ , M., JI ÍK, J. (2001): Les a voda ó 45 let trvání vodohospodá ského výzkumu v Beskydech. Zprávy lesnického výzkumu, 46, . 4, s. 231 ó 236.
- BLAfiKOVÁ, TM (1991): Zhodnocení sv tových zku-eností s vlivem odlesn ní na povod ový odtok z de-t . Journal of hydrology and hydromechanics, 39, . 1, s. 69 ó 94.
- BOSCH, J. M., HEWLETT, J. D. (1982): A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. Journal of hydrology, . 55, s. 3 ó 23.
- BROWN, A. E., et al. (2005): A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alternations in vegetation. Journal of hydrology, . 310, s. 28 ó 61.
- BUFKOVÁ, I. (2010): Revitalizace umavských ra-elini-. Tisková zpráva, Správa NP a CHKO Tmava
- ÍfiKOVÁ, P. (2010): Biomonitoring NP Tmava 2009 ó monitoring lesa v území NP Tmava p eváfln ponechaném samovolnému vývoji. In: Hubený, P., Kju uková, D. eds.: Lesník 21. století: Monitoring lesa na Tmav ó historie a sou asnost, Ka-perské hory, s. 15 ó 23.
- DA HELKA, J., KREJ Í, J., TMÁLEK, M., TNELCR, P., ZEZULÁK, J. (2002): Posouzení vhodnosti aplikace sráflko-odtokových model s ohledem na simulaci povod ových stav pro lokality na území R. fiÚ, Praha, 214 s.
- DOHNAL, Z., a kol. (1965): eskoslovenská ra-elini-t a slatini-t . Nakladatelství eskoslovenské akademie v d, Praha, 322 s.

- JLHAVÝ, Z. (2007): Bilan ní odhady p ísp vku ovým pr tok m. In: Langhammer, J. eds.: Zm ny v krajin a povod ové riziko ó Sborník p ísp vk seminá e Povodn a zm ny v krajin , P F UK, Praha, s. 209 ó 212.
- FISAK, J., a kol. (2002): Pollutant concentrations in fog and low cloud water at selected sites of the Czech Republic. *Atmospheric Research*, 64, s. 75 ó 87.
- HLADILIN, V. (1996): Pé e o lesní ekosystémy Národního parku Tmava. *Silva Gabreta*, 1, s. 227 ó 230.
- HULCR, J. (2003): K rovcí milá ci evoluce: Spojenecká armáda lýkofrout a hub proti stromu. *Vesmír*, 82, s. 692 ó 696.
- HYNEK, V., JUHA, M. (2004): Národní park Tmava a k rovcí. *Lesnická práce: asopis pro lesnickou v du a praxi*, 83, . 8, s. 401 ó 403.
- IROUMÉ, A., HUBER, A., SCHULZ, K. (2004): Summer flows in experimental catchments with different forest covers, Chile. *Journal of hydrology*, 300, I. 1 ó 4, s. 300 ó 313.
- JAN A ÍK, V. (2003): D evokazné houby ó p vodci hnilob lesních a okrasných d evin. *Agro*, VIII, . 6, s. 28 ó 31.
- JANSKÝ, B., TÖBR, M. (2003): Jezera eské republiky. Univerzita Karlova, Praha, 199 s.
- JANSKÝ, B., KOCUM, J. (2007): Reten ní potenciál v pramenných oblastech tok . In: Langhammer, J. eds.: *Povodn a zm ny v krajin , MfP R a P F UK*, Praha, s. 307 ó 315.
- JELÍNEK, J. (1998): V trná a k rovcová kalamita na Tmav z let 1868 afl 1878. *Ú elový tisk ÚHÚL Brandýs n. L.*, s. 6 ó 11 a 17 ó 34.
- JENÍ EK, M. (2010): Povrchový odtok. [online]. 2012. [cit. 20.7. 2012]. Dostupné z WWW: <http://hydro.natur.cuni.cz/jenicek/download.php?akce=dokumenty...14>
- JONÁTOVÁ, M. (2008): Vítr a k rovec obnovují horské smr iny. *Tmava: tvrtletník zprávy NP a CHKO Tmava ó p íroda ó zajímavosti ó historie*, 13, . 2, s. 4 ó 7.
- KA OK. J. (1997): Antropogenní ovlivn ní velikosti pr tok ek povodí Odry po profil Kozle. *Spisy prací P írodov decké fakulty ostravské univerzity*, Ostrava, sv. . 103, 188 s.
- KEMEL, M., KOLÁ , V. (1980): *Hydrologie*. VUT, Praha, 292 s.

, M. (2005): Trendy ve vývoji odtoku v povodí Otavy.

KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M., KRÁLOVEC, V., LEDVINKA, O. (2008):

Změny odtokového režimu v pramenných oblastech vodních toků. In: Langhammer, J. eds.: Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní, MFF UK, Praha, s. 107–118.

KLIMO, E. (1994): Ekologie lesa. VUTIUM v Brně, Brno, 170 s.

KNÍŽEK, M., ZAHRADNÍK, P. (2008): Využití feromonů a feromonových lapů v ochraně lesa před lýkožroutem smrkovým *Ips typographus* (L.). In: Vojtěch, O., Trávníček, P. eds.: Ekologické metody ochrany lesa před podkorním hmyzem: Sborník referátů ze semináře, Ka-perské hory, 183 s.

KRÁLOVEC, V. (2011): Metody hodnocení rozdílného vlivu krajinného pokryvu na odtokový proces v pramenných oblastech. 23. mezinárodní konference mladých hydrologů, Bratislava.

KREJČÍ, J. (1959): Vliv lesnatosti na odtok. Ústav vdeckotechnických informací, Ministerstvo zemědělství, lesnictví a vodního hospodářství, Praha, s. 7–16.

KŘÍŽ, V. (1978): Hydrologická analogie a její využití ke kvantifikaci změn hydrologického režimu ekosystémů lesů. Sborník vědeckoslovenské společnosti zeměpisné, 83, ročník 1, s. 33–39.

LANGHAMMER, J. (2007): Antropogenní změny v krajině a povodňové riziko. In: Langhammer, J. eds.: Změny v krajině a povodňové riziko. Sborník příspěvků z semináře Povodně a změny v krajině, MFF UK, Praha, s. 183–191.

LANGHAMMER, J. (2007): Hydrologie a odtokový proces. [online]. 2012. [cit. 20.7. 2012]. Dostupné z WWW:

http://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/hydro/pdf/Hydrologie_1_Langhammer_odtokovy_proces.pdf

LIPSKÝ, Z. (1998): Krajinná ekologie pro studenty geografických oborů. Univerzita Karlova, Praha, 129 s.

MALÝ, A. (2009): Vliv rozdílného využití krajiny na srážko-odtokový proces v experimentálních povodích Zbytiny. Diplomová práce, MFF UK, Praha, 151 s.

MATOUŠKA, K. (2008): Posudek na odborný text o stavu, vývoji a managementu lesních ekosystémů v průběhu existence NP Trosky, autoři S. Vacek, V. Podrázský, M. Turáň. Praha, 2 s.

- MATOUŠEK, V. (2010): Poznávání odtokových vlastností malých povodí za regionálních de-. Výzkumný ústav vodohospodářský, Praha, 103 s.
- MC CULLOCH, J. S. G., ROBINSON, M. (1993): History of forest hydrology. Journal of hydrology, 150, s. 189 ó 216.
- MELICHAROVÁ, J. (1976): Ťmava. Olympia, Praha, 325 s.
- MONKS, P. S. (2000): A review of the observations and origins of the spring ozone maximum. Atmospheric Environment, 34, s. 3545 ó 3561.
- NĚMEC, J., HRIB, M., a kol. (2009): Lesy v české republice. Consult Praha, Praha, 398 s.
- NIEMELÄ, J. (1999): Management in relation to disturbance in the boreal forest. Forest Ecology and Management, 115, s. 127 ó 134.
- NOVÁK, P. (2007): Analýza a mapování infiltračních a retenčních schopností půd české republiky. Závěrečná zpráva za DÚ 1. VÚMOP, Praha, 29 s.
- NOVOTNÝ, R., BURIÁNEK, V., ŘÁMEK, V. (2009): Metodika hodnocení poškození vegetace lesních ekosystémů vysokými koncentracemi troposférického ozonu. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Praha, 19 s.
- NP Ťmava. Národní park Ťmava [online]. 2012. [cit. 29. 4. 2012]. Dostupné z WWW: <<http://www.npsumava.cz>>.
- OULEHLE, F., HRUTKA, J. (2008): Dusík v lesních ekosystémech. Vesmír, 87, s. 866 ó 869.
- ROBINSON, M. (1990): Impact of improved land drainage on river flows ó Report no. 113. Institute of hydrology, Wallingford, 226 s.
- ROBINSON, M., a kol. (2003): Studies of the impact of forests on peak flows and baseflows: a European perspective. Forest ecology and management, . 186, s. 85 ó 97.
- SEIDL, R., a kol. (2008): Impact of bark beetle (*Ips typographus* L.) disturbance on timber production and carbon sequestration in different management strategies under climate change. Forest Ecology and Management, 256, s. 209 ó 220.
- SIMAS, M. J., HAWKINS, R. H. (1998): Lag time characteristics for Small Watersheds in the U. S.. Water Resources Engineering. s. 1290 ó 1296.

- JLHAVÝ, Z., MAXOVÁ, J. (2003): Funkce extrémních srážek. In: Mezinárodní konference Protipovodňová prevence a krajinné plánování, Pradubice, s. 128 ó 135.
- SOUKUP, F. (2007): K současně aktivizaci některých dekovkazných hub v lesních porostech leska. Zpravodaj ochrany lesa, 14, s. 21 ó 23.
- STANÍK, J., BEDNÁŘÍK, J. (1998): Meteorologická stanice Churáňov. Silva Gabreta, . 2, s. 377 ó 384.
- STEDNICK, J. D. (1996): Monitoring the effect of timber harvest on annual water yield. Journal of hydrology, . 176, s. 79 ó 95.
- SVOBODA, M., ZENÁHLÍKOVÁ, J. (2009): Historický vývoj a současný stav lesa v NP Tmava kolem šKalamitní sváfniceů v oblasti Trojmezí. P íroda, 28, . 1, s. 71 ó 122.
- VIHLA, V. (2001): Vliv lesa na odtokové pom ry na malém povodí. Lesnická práce, 80, . 2
- TARBOTON, D. G. (2003): Rainfall ó runoff processes. A workbook to accompany the Rainfall ó Runoff Processes Web module. Dostupné z WWW: <<http://hydrology.usu.edu/RRP/userdata/4/87/RainfallRunoffProcesses.pdf> >.
- UNUCKA, J. (2008): Modelování vlivu lesa na srážkoodtokové vztahy a vodní erozi s pomocí GIS. Vodní hospodá ství, 08, . 7, s. 225 ó 231.
- VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., MAT JKA, K. (2006): Dynamics of the health status of forest stands and its prediction on research plots in the Tmava Mountains. Journal of forest science, 52, . 10, s. 457 ó 473.
- VÁLEK, Z. (1962): Lesy, pole a pastviny v hydrologii pramenných oblastí Kychové a Zd chovky. Práce a studie, se-ít 106, Výzkumný ú ad vodohospodá ský, Praha, 115 s.
- WATSON, F., et al. (2001): Improved methods to assess water yield changes from paired catchment studies: application to the Maroondah catchments. Forest Ecology and Management, . 143, s. 189 ó 204.
- ZATLOUKAL, V. (1998): Historické a současně p í iny k rovcové kalamity v Národním parku Tmava. Silva gabreta, . 2, s. 327 ó 357.